

BD

Cover page of D2

[19]中华人民共和国专利局

[51]Int.Cl<sup>6</sup>

H01L 23/373

H05K 7/20



# [12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 98107040.X

[43]公开日 1998 年 12 月 9 日

[11] 公开号 CN 1201256A

[22]申请日 98.2.14

[30]优先权

[32]97.2.14 [33]JP[31]30698 / 97

[32]97.5.16 [33]JP[31]127540 / 97

[32]97.12.26[33]JP[31]359101 / 97

[71]申请人 日本碍子株式会社

地址 日本爱知县

[72]发明人 石川修平 三井任

[74]专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

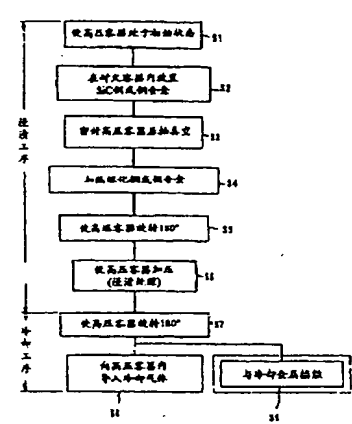
代理人 杨丽琴

权利要求书 5 页 说明书 22 页 附图页数 16 页

[54]发明名称 用于半导体散热器的复合材料及其制造方法

[57]摘要

在实际的电子部件(包括半导体器件)等中获得寻求热膨胀率与热传导率平衡的适当特性。其方法为:使高压容器处于初始状态(S1),在第一室处于下方位置后,把铜或铜合金放入第一室,把SiC设置在第二室(S2)。随后,在密封高压容器后,通过排气管进行高压容器内的抽真空(S3)。接着,使热丝通电,加热熔解第一室的铜或铜合金(S4)。在第一室内的熔融铜达到预定温度阶段,180度地旋转高压容器(S5),SiC处于在熔融铜中的被浸渍状态(S6)。然后,通过气体导入管向高压容器内导入浸渍气体,通过使该高压容器加压,把熔融铜浸渍在SiC中。随后,在使高压容器旋转180度后(S7),在通过气体导出管对高压容器内的浸渍气体排气的同时,通过气体导入管把冷却气体向高压容器内导入(S8)。



## 权 利 要 求 书

1. 一种用于半导体散热器的复合材料，其特征在于，预先烧制具有比铜的热膨胀率低的热膨胀率的多孔体，进行网状化，然后在得到的多孔烧结体上浸渍铜或铜合金，由此构成该复合材料，它具有其热膨胀率至少在 200℃ 时比按所述铜或铜合金与所述多孔烧结体的比例化学计量得到的热膨胀率更低的特性。

2. 如权利要求 1 所述的用于半导体散热器的复合材料，其特征在于，在所述多孔烧结体与所述金属的界面上形成的与所述金属的反应层的厚度在 5μm 以下。

3. 如权利要求 2 所述的用于半导体散热器的复合材料，其特征在于，所述反应层的厚度在 1μm 以下。

4. 如权利要求 1~3 中任一项所述的用于半导体散热器的复合材料，其特征在于，所述多孔烧结体由从 SiC、AlN、Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>、B<sub>4</sub>C、BeO 中选择的一种以上的化合物构成。

5. 如权利要求 1~4 中任一项所述的用于半导体散热器的复合材料，其特征在于，所述铜或铜合金的比例为 20vol%~70vol%。

6. 如权利要求 1~5 中任一项所述的用于半导体散热器的复合材料，其特征在于，从室温至 200℃ 的平均热膨胀率为  $4.0 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C} \sim 9.0 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ ，并且至少在室温下的热传导率为 180W/mK 以上。

7. 如权利要求 1~6 中任一项所述的用于半导体散热器的复合材料，其特征在于，所述多孔烧结体的平均放气孔直径的值为 0.5~50μm。

8. 如权利要求 7 所述的用于半导体散热器的复合材料，其特征在于，在所述多孔烧结体的平均放气孔直径的值为 0.5~50μm 时有 90% 以上的分布。

9. 如权利要求 1~8 中任一项所述的用于半导体散热器的复合材料，其特征在于，弯曲强度在 10MPa 以上。

10. 如权利要求 1~9 中任一项所述的用于半导体散热器的复合材料，其特征在于，在铜成分达到 1% 的范围，在所述多孔烧结体中浸渍的所述铜或铜合金包含从 Be、Al、Si、Mg、Ti、Ni 中选择的一种以上的元素，并且，包含不可避免的杂质成分和气体成分。

11. 一种用于半导体散热器的复合材料的制造方法, 其特征在于, 包括:

浸渍工序, 以相互不接触的状态加热作为基本材料的多孔烧结体和至少包含铜的金属, 在达到预定温度的阶段使两者接触立即附加高压, 使所述金属浸渍在所述多孔烧结体中; 和

5 冷却工序, 冷却至少浸渍所述金属的所述多孔烧结体。

12. 如权利要求 11 所述的用于半导体散热器的复合材料的制造方法, 其特征在于, 所述浸渍工序包括: 把所述多孔烧结体和所述金属放入同一容器中, 把所述金属配置在所述容器的下方后, 使所述容器内为负压或常压状态的工序;

10 通过加热溶解所述金属使所述金属成为熔融金属的工序;

在所述熔融金属达到预定温度的阶段, 旋转所述容器, 在该容器内的所述熔融金属中浸渍所述多孔烧结体的工序; 和

在所述容器内导入用于浸渍的气体, 通过在所述容器内加压, 使所述熔融金属浸渍在多孔烧结体中的工序。

15 13. 如权利要求 11 所述的用于半导体散热器的复合材料的制造方法, 其特征在于, 所述浸渍工序包括: 在把预先熔融的所述金属和所述多孔烧结体放入同一容器, 把所述熔融金属配置在所述容器内的下方后, 使该容器内为负压或常压状态的工序;

20 在所述熔融金属达到预定温度的阶段, 旋转所述容器, 在该容器内的所述熔融金属中浸渍所述多孔烧结体的工序; 和

在所述容器内导入用于浸渍的气体, 通过在所述容器内加压, 使所述熔融金属浸渍在多孔烧结体中的工序。

25 14. 如权利要求 12 或 13 所述的用于半导体散热器的复合材料的制造方法, 其特征在于, 所述冷却工序包括: 旋转所述容器, 使浸渍后的所述多孔烧结体与非浸渍的残留熔融金属分离的工序; 和

抽出所述容器内的所述用于浸渍的气体, 经迅速地导入冷却气体, 冷却所述容器内部的工序。

30 15. 如权利要求 12 或 13 所述的用于半导体散热器的复合材料的制造方法, 其特征在于, 所述冷却工序包括: 旋转所述容器, 使浸渍后的所述多孔烧结体与非浸渍的残留熔融金属分离的工序; 和

通过使所述容器与冷却的金属接触，冷却所述容器内部的工序。

16. 如权利要求 11~15 中任一项所述的用于半导体散热器的复合材料的制造方法，其特征在于，所述附加压力在  $10\text{kgf/cm}^2$  以上  $1000\text{kgf/cm}^2$  以下。

5 17. 如权利要求 11~16 中任一项所述的用于半导体散热器的复合材料的制造方法，其特征在于，所述压力的附加时间在 1 分钟以上 30 分钟以下。

18. 如权利要求 11~17 中任一项所述的用于半导体散热器的复合材料的制造方法，其特征在于，所述预定温度比所述金属的熔点高  $30^\circ\text{C}\sim 250^\circ\text{C}$  的温度。

10 19. 如权利要求 11~18 中任一项所述的用于半导体散热器的复合材料的制造方法，其特征在于，从浸渍时的温度至  $800^\circ\text{C}$ ，所述冷却工序中的冷却速度为  $-400^\circ\text{C}/\text{小时}$  以上。

20. 如权利要求 11~19 中任一项所述的用于半导体散热器的复合材料的制造方法，其特征在于，所述负压状态在  $1\times 10^{-3}\text{Torr}$  以下。

15 21. 如权利要求 11~20 中任一项所述的用于半导体散热器的复合材料的制造方法，其特征在于，所述多孔烧结体的气孔，平均直径为  $0.5\mu\text{m}\sim 50\mu\text{m}$  的气孔有 90% 以上，并且气孔率为  $20\text{vol}\%\sim 70\text{vol}\%$ 。

22. 如权利要求 11~21 中任一项所述的用于半导体散热器的复合材料的制造方法，其特征在于，所述多孔烧结体可以预先按  $1\sim 10\text{vol}\%$  进行电镀 Ni。

20 23. 如权利要求 11~21 中任一项所述的用于半导体散热器的复合材料的制造方法，其特征在于，所述多孔烧结体可以预先按  $1\sim 10\text{vol}\%$  进行电镀 Si。

24. 如权利要求 11 所述的用于半导体散热器的复合材料的制造方法，其特征在于，所述浸渍工序包括：在互相非接触的状态下使所述多孔烧结体和所述金属处于负压或常压状态的工序；

25 把所述多孔烧结体和所述金属在负压或常压下加热至预定温度，熔融所述金属的工序；

使所述熔融金属处于加压状态的工序；和

使所述加压下的熔融金属与所述负压或常压下的多孔烧结体迅速接触，并且在加压状态时在加压下的所述多孔烧结体中浸渍所述熔融金属的工序；

30 在所述冷却工序中，在所述加压下冷却浸渍所述熔融金属的所述多孔烧结体。

25. 如权利要求 24 所述的用于半导体散热器的复合材料的制造方法，其特征在于，在负压或常压下，使非接触状态下加热处理的多孔烧结体与熔融金属同时处于加压状态然后迅速接触，在所述多孔烧结体中浸渍所述金属。

26. 如权利要求 11 所述的用于半导体散热器的复合材料的制造方法，其特征在于，所述浸渍工序包括：把所述多孔烧结体和所述金属分别配置在利用多孔质过滤器在分隔为两室的同一容器的上下室中，密封所述容器，使各室处于负压或常压状态的工序；

使上下两室在负压或常压下加热至预定温度，使所述金属熔融的工序；仅使所述上室处于加压状态的工序；和

10 通过所述多孔质过滤器把所述加压下的上室的熔融金属向下室浸透，与负压或常压下的所述多孔烧结体迅速接触后，使下室处于加压状态，在加压下的所述多孔烧结体中浸渍所述熔融金属的工序；

在所述冷却工序中，在所述加压状态下冷却浸渍所述下室的所述熔融金属的所述多孔烧结体。

15 27. 如权利要求 11 所述的用于半导体散热器的复合材料的制造方法，其特征在于，所述浸渍工序包括：把所述多孔烧结体和所述金属分别配置在利用多孔质过滤器在分隔为两室的同一容器的上下室中，使各室处于负压或常压状态的工序；

使上下两室在负压或常压下加热至预定温度，使所述金属熔融的工序；

20 使所述上下两室处于加压状态的工序；和

使所述加压下的上室压力高于下室压力，通过所述多孔质过滤器使熔融金属向下室浸透，在与所述多孔烧结体迅速地接触后，在加压下的所述多孔烧结体中浸渍所述熔融金属的工序；

25 在所述冷却工序中，也可以在所述加压状态下冷却浸渍所述下室的所述熔融金属的所述多孔烧结体。

28. 如权利要求 24-27 中任一项所述的用于半导体散热器的复合材料的制造方法，其特征在于，在作为基本材料的多孔烧结体上对至少包含铜的金属进行浸渍处理时，在通过从上下两方的冲压处理进行加压状态工序的同时，还能够通过从下室周边的间接冷却处理进行冷却工序。

30 29. 一种用于半导体散热器的复合材料的制造方法，其特征在于，包括：

浸渍工序，使作为基本材料的多孔烧结体与至少包含铜的金属在负压或常压下接触，经过加热处理熔融所述金属，然后，在加压状态下迅速地在所述多孔烧结体中浸渍所述金属；和

冷却工序，冷却至少浸渍所述金属的所述多孔烧结体。

- 5        30. 如权利要求 29 所述的用于半导体散热器的复合材料的制造方法，其特征在于，所述浸渍工序包括：在互相接触的状态下使所述多孔烧结体和所述金属处于负压或常压状态的工序；

把所述多孔烧结体和所述金属在负压或常压下加热至预定温度，熔融所述金属的工序；

- 10        使所述熔融金属处于加压状态的工序；和

使所述加压下的熔融金属与所述负压或常压下的多孔烧结体迅速接触，并且在加压状态时在加压下的所述多孔烧结体中浸渍所述熔融金属的工序；

在所述冷却工序中，在所述加压下冷却浸渍所述熔融金属的所述多孔烧结体。

用于半导体散热器的复合  
材料及其制造方法

5

本发明涉及用于半导体散热器的复合材料及其制造方法，该半导体散热器用于高效率地散发由半导体器件产生的热。

一般来说，对于半导体器件，热是大敌，内部温度必须不超过最大允许接合温度。此外，在功率晶体管和半导体整流器等半导体器件中，由于在工作面积上的消耗功率较大，所以如果仅从半导体器件的外壳（封装）和引线中放出热量，那么就不能散放出产生的热量，使器件的内部温度上升，导致热损坏。

这种现象即使在装载 CPU 的半导体器件中也是一样的，随着时钟频率的提高，工作时的发热量就变大，所以考虑散热的热设计就变为重要的事项。

在考虑防止所述热损坏的热设计中，正在进行在半导体器件的外壳（封装）上加入固定散热面积较大的散热器的器件设计和安装设计。

作为所述散热器材料，一般来说，使用热传导率良好的铜和铝等金属材料。

近来，在 CPU 和存储器等半导体器件中，有一边以谋求低消耗功率为目的的低功率驱动，一边随着器件的高集成化和器件形成面积的扩大化使半导体器件本身大型化的倾向。如果使半导体器件大型化，那么由于半导体基体（硅基片和 GaAs 基片）与散热器的热膨胀的差产生的应力会变大，从而发生半导体器件的剥落现象和机械损坏。为了防止这种现象，可列举实现半导体器件的低功率驱动和改善散热器材料。目前，作为电源电压，正在摆脱以往使用的 TLL 电平（5V），使 3.3V 以下的电平实用化。

另一方面，作为散热器的结构材料，不仅仅单独考虑热传导程度，还要与作为半导体基体的硅和 GaAs 的热传导率大体一致，有必要选定热传导程度高的材料。

有关散热器材料的改善，有各种各样的报告，例如，有使用氮化铝（AlN）的例子和使用 Cu-W（铜-钨）等例子。AlN 在热传导性和热膨胀性的平衡上较好，特别是由于与 Si 的热膨胀率大体一致，所以适合用于以硅基片作为半导体基体

的半导体器件的散热器材料。

此外，Cu-W 为兼备 W 的低热膨胀性和 Cu 的高热传导性的复合材料，而且，由于机械加工容易，适合具有复杂形状的散热器结构材料。

再有，作为其它实例，还有以 SiC 为主要成分在陶瓷基本材料中按含有  
5 20~40 体积%比例的金属 Cu 的材料（现有例 1：参照特开平 8-279569 号公报）和在由无机物质构成的粉末烧结多孔体中浸渍 5~30wt% 的 Cu 的材料（现有例 2：参照特开昭 59-228742 号公报）的建议。

上述现有例 1 的散热器材料由于是通过成形 SiC 和金属 Cu 的压粉体制成散热器的成形粉体，所以热膨胀率和热传导率终究是理论值，在实际电子部件  
10 等中存在不能得到获得寻求的热膨胀率与热传导率平衡的问题。

现有例 2 由于在由无机物质构成的粉末烧结多孔体中浸渍 Cu 的比例较低，所以在提高热传导程度上产生界限。

考虑到上述问题，本发明的目的在于提供在实际的电子部件（包括半导体器件）等中能够获得适合寻求的热膨胀率与热传导率平衡特性的半导体散热器  
15 用复合材料。

此外，本发明的其它目的在于提供能够容易地进行一般来说较为困难的向多孔烧结体的金属浸渍处理，而且，能够提高向多孔烧结体的金属浸渍率，在实际的电子部件（包括半导体器件）等中能够获得具有适合寻求热膨胀率与热传导率平衡特性的提高散热器装置生产率的用于半导体散热器的复合材料的制  
20 造方法。

首先，如果说明作为散热器材料的最佳特性，那么作为必要的热膨胀率，由于必须使 AlN 等的陶瓷基片和 Si 及 GaAs 等的半导体基体的热膨胀率一致，所以作为从室温至 200℃ 的平均热膨胀率，在  $4.0 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C} \sim 9.0 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$  的范围较好，作为必要的热传导率，由于必须满足与现有的 Cu-W 材料同等以  
25 上的要求，所以在 180W/mK（室温）以上较好。

为了获得上述特性，本发明的用于半导体散热器的复合材料这样构成，即预先烧制具有低于铜的热膨胀率的多孔体，进行网状化，在得到的多孔烧结体上浸渍铜或铜合金，它具有至少在 200℃ 时其热膨胀率比按所述铜或铜合金与  
所述多孔烧结体的比例的化学计量得到的热膨胀率更低的特性。

30 因此，能够把膨胀抑制在低于由多孔烧结体与在该多孔烧结体中浸渍的铜



或铜合金的比例决定的热膨胀（理论值）的值，能够得到与陶瓷基片和半导体基片（硅、GaAs）等的热膨胀率大致一致的、热膨胀性良好的散热器材料。

具体地说，能够得到从室温至 200℃ 的平均热膨胀率为  $4.0 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C} \sim 9.0 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ ，并且热传导率为 180W/mK（室温）以上的散热器材料。

5 而且，作为多孔烧结体，期望从 SiC、AlN、 $\text{Si}_3\text{N}_4$ 、 $\text{B}_4\text{C}$ 、BeO 中选择一种以上的化合物来构成，作为所述铜或铜合金的比例（浸渍率），期望在 20vol%~70vol%。在铜的浸渍率为 20vol% 以下时，不能获得 180W/mK（室温）的热传导率，而如果超过 70vol%，多孔烧结体（特别是 SiC）的强度下降，不能把热膨胀率抑制在  $9.0 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$  以下。

10 此外，期望所述多孔烧结体的平均放气孔直径的值为  $0.5 \sim 50\mu\text{m}$ 。如果所述多孔烧结体的平均放气孔直径不足  $0.5\mu\text{m}$ ，会使在放气孔中浸渍金属变得困难，热传导率降低。另一方面，如果所述多孔烧结体的平均放气孔直径超过  $50\mu\text{m}$ ，会使多孔烧结体的强度降低，不能抑制热膨胀率变低。

此外，作为所述多孔烧结体的平均放气孔的分布（气孔分布）， $0.5 \sim 50\mu\text{m}$  15 的放气孔有 90% 以上分布较好。在  $0.5 \sim 50\mu\text{m}$  的气孔未达到 90% 以上分布的情况下，会增加未浸渍铜的放气孔，使热传导率降低，或者使强度降低，不能抑制热膨胀率变低。

再有，作为多孔烧结体的弯曲强度，期望在 10MPa 以上。如果比该强度低，就不能抑制热膨胀率变低，不能获得预定热膨胀率范围的材料。

20 一般来说，作为所述铜，在使用市场销售的纯铜的情况下，热膨胀率虽较高，但由于与多孔烧结体（特别是 SiC）的浸润性较差，容易残留未浸渍铜的放气孔，所以期望通过添加 Be、Al、Si、Mg、Ti、Ni 等来提高浸渍率。但是，如果所述添加物的量达到 1% 以上，那么热膨胀率的降低就变大，不能获得添加的效果。

25 此外，在所述多孔烧结体与所述铜的界面上（纯铜或在铜中包含就到 1% 范围内的 Be、Al、Si、Mg、Ti、Ni 等），与该铜的反应层期望在  $5\mu\text{m}$  以下，在  $1\mu\text{m}$  以下更好。如果反应层厚于  $5\mu\text{m}$ ，那么多孔烧结体与铜之间的热传导会恶化，使用于半导体散热器的复合材料的热传导降低。

本发明的用于半导体散热器的复合材料的制造方法包括：浸渍工序，以相互不接触的状态加热作为基本材料的多孔烧结体和至少包含铜的金属，在达到 30

预定温度的阶段使两者接触并立即附加高压，使所述金属浸渍在所述多孔烧结体中；和冷却工序，冷却至少浸渍所述金属的所述多孔烧结体。

例如，把作为基本材料的多孔烧结体和要在其上浸渍的铜或铜合金相互不接触那样地加热。在两者达到铜或铜合金熔点以上的阶段，使两者接触立即附加高压，使所述铜或铜合金浸渍在多孔烧结体中，然后进行快速地冷却。

因此，能够容易地进行一般来说比较困难的向多孔烧结体中的铜或铜合金的浸渍处理，而且，能够提高向多孔烧结体中的铜或铜合金的浸渍率，其结果，在实际的电子部件（包括半导体器件）等中能够获得提高具有适合寻求热膨胀率与热传导率平衡特性的散热器装置的生产率。

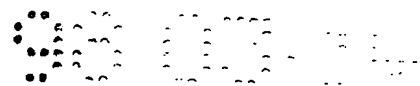
其中，实际的电子部件（包括半导体器件）等中能够获得提高具有适合寻求热膨胀率与热传导率平衡特性是从室温至 200℃ 的平均热膨胀率为  $4.0 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C} \sim 9.0 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ ，并且热传导率为 180W/mK（室温）以上。

作为所述浸渍工序，也可以包括：在把所述多孔烧结体和所述金属放入同一容器中，把所述金属配置在所述容器的下方后，使所述容器内为负压或常压状态的工序；通过加热溶解所述金属使所述金属成为熔融金属的工序；在所述熔融金属达到预定温度的阶段，旋转所述容器，在该容器内的所述熔融金属中浸渍所述多孔烧结体的工序；和在所述容器内导入用于浸渍的气体，通过在所述容器内加压，使所述熔融金属浸渍在多孔烧结体中的工序。

也就是说，在把多孔烧结体和在该多孔烧结体上浸渍的铜或铜合金放入容器内，密封抽真空后，在下方加热铜或铜合金侧。在经过溶解铜或铜合金达到预定温度阶段时，通过使容器 180 度旋转进行上下颠倒，使铜或铜合金与多孔烧结体接触。而且，通过向容器加高压，使铜或铜合金浸渍在多孔烧结体中变为可能。

此外，作为所述浸渍工序，还可以配有：在把预先熔融的所述金属和所述多孔烧结体放入同一容器，把所述熔融金属配置在所述容器内的下方后，使该容器内为负压或常压状态的工序；在所述熔融金属达到预定温度的阶段，旋转所述容器，在该容器内的所述熔融金属中浸渍所述多孔烧结体的工序；和在所述容器内导入用于浸渍的气体，通过在所述容器内加压，使所述熔融金属浸渍在多孔烧结体中的工序。

也就是说，在设置多孔烧结体的容器内放入预先熔融的铜或铜合金，在达



到预定的温度阶段后，通过使容器 180 度旋转进行上下颠倒，使铜或铜合金与多孔烧结体接触。而且，通过向容器加高压，使铜或铜合金浸渍在多孔烧结体中变为可能。

此外，作为附加压力，可在  $10\text{kgf/cm}^2$  以上  $1000\text{kgf/cm}^2$  以下，在  
5  $50\text{kgf/cm}^2$  以上  $200\text{kgf/cm}^2$  以下较好，在  $100\text{kgf/cm}^2$  以上  $150\text{kgf/cm}^2$  以下更好。

这种情况下，所述压力的附加时间在 1 分钟以上 30 分钟以下，期望在 2 分钟以上 10 分钟以下。

此外，所述预定温度比要浸渍的铜或铜合金的熔点高  $30\sim 250^\circ\text{C}$ ，比所述  
10 熔点高  $50\sim 200^\circ\text{C}$  较好。这种情况下，在多孔烧结体中应浸渍的铜或铜合金的加热在  $1\times 10^{-3}\text{Torr}$  以下的真空中进行较好。

再有，作为多孔烧结体的气孔，平均直径为  $0.5\mu\text{m}\sim 50\mu\text{m}$  的气孔在 90% 以上，并且期望气孔率为  $20\text{vol}\%\sim 70\text{vol}\%$ 。

此外，在所述多孔烧结体中，也可以预先进行  $1\sim 10\text{vol}\%$  的电镀 Ni。这  
15 种情况下，可使多孔烧结体与铜或铜合金的浸润性提高，能够实现低压力下的浸渍。期望所述电镀 Ni 的量为  $3\sim 5\text{vol}\%$ 。这里所说的电镀 Ni，包含例如电镀 Ni-P 和电镀 Ni-B。

再有，在所述多孔烧结体上，也可以预先浸渍  $1\sim 10\text{vol}\%$  的 Si。这种情  
20 况下，与进行所述电镀 Ni 的情况一样，可使多孔烧结体与铜或铜合金的浸润性提高，能够实现低压力下的浸渍。期望所述 Si 的浸渍量为  $3\sim 5\text{vol}\%$ 。

此外，在所述多孔烧结体中，预先进行  $1\sim 10\text{vol}\%$  的电镀 Ni。或者，对于预先浸渍  $1\sim 10\text{vol}\%$  的 Si，也可以在所述多孔烧结体中预先进行电镀钯。这种情况下，也可以在所述电镀钯上附加 Ni 和 Si 的复合电镀。

而且，作为冷却工序，还可以配有：旋转所述容器，使浸渍后的所述多孔  
25 烧结体与非浸渍的残留熔融金属分离的工序；抽出所述容器内的所述用于浸渍的气体，经迅速地导入冷却气体，使容器冷却的工序；也可以配有：旋转所述容器，使浸渍后的所述多孔烧结体与非浸渍的残留熔融金属分离的工序；通过冷却所述容器与金属接触，使所述容器内冷却的工序。

在所述冷却工序中的冷却速度在从浸渍时的温度至  $800^\circ\text{C}$  时为  $-400^\circ\text{C}/\text{小时}$   
30 以上较好， $-800^\circ\text{C}/\text{小时}$  以上就更好。

其中，所述附加压力是在多孔烧结体的放气孔部分中使铜或铜合金完全浸渍所必要的压力。这种情况下，如果在多孔烧结体中残存有未浸渍铜或铜合金的放气孔，由于显著地损害热传导性，所以附加高压就变得必要了。

该压力虽可以按 Washburn 公式推定其大概，但气孔直径越小就越需要更大的力。例如，在  $0.1\mu\text{m}\phi$  时需要  $400\text{kgf}/\text{cm}^2$  的压力，而在  $1.0\mu\text{m}\phi$  时就需要  $40\text{kgf}/\text{cm}^2$  的压力，在  $10\mu\text{m}\phi$  时就需要  $4\text{kgf}/\text{cm}^2$  的压力。

此外，在多孔烧结体与铜或铜合金处于熔融状态时发生反应，作为多孔烧结体，例如在使用 SiC 的情况下，该 SiC 被分解为 Si 和 C，不能发挥原来的功能。为此，就必须缩短 SiC 与 Cu 熔融状态下的直接接触时间。按照本发明的制造方法（方案 14、方案 15 或方案 20 所述的制造方法），由于能够缩短 SiC 与 Cu 的接触时间，所以能够在事先避免所述的 SiC 的分解反应。

此外，由于 SiC 与铜或铜合金的浸润性较差，所以必须施加高压使铜或铜合金充分地浸渍。按照本发明的制造方法（方案 20 或方案 21 所述的制造方法），由于改善了 SiC 的气孔表面，使 SiC 与 Cu 的浸润性变得良好，所以在较低压力下，在较细的气孔中也能够浸渍铜或铜合金。

此外，作为所述浸渍工序，也可以包括：使所述多孔烧结体与所述金属在互相非接触状态下处于负压或常压状态的工序；把所述多孔烧结体或所述金属在负压或常压下加热至预定温度，使所述金属熔融的工序；使所述熔融金属处于加压状态的工序；和使所述加压下的熔融金属与所述负压或常压下的多孔烧结体迅速接触并处于加压状态，在加压下的所述多孔烧结体中浸渍所述熔融金属的工序；在冷却工序中，也可以在加压下冷却浸渍所述熔融金属的所述多孔烧结体。

这种情况下，使所述多孔烧结体和所述金属一边充分去气一边加热，在使金属熔融后，通过迅速接触并处于加压状态，并且把加压状态保持到冷却操作结束，在所述多孔烧结体中能够高效率地浸渍所述熔融金属。

在所述制造方法中，在负压或常压下，使非接触状态下加热处理的多孔烧结体与熔融金属同时处于加压状态然后迅速接触，在所述多孔烧结体中浸渍所述金属较好。

因此，随着所述熔融金属，对于所述多孔烧结体也处于加压状态下后，通过进行接触、浸渍操作，能够使两者接触时的压力降低最小，能够良好地保持

浸渍操作时的加压状态。

此外，在所述浸渍工序中，也可以包括：把所述多孔烧结体和所述金属分别配置在利用多孔质过滤器在分隔为两室的同一容器的上下室中，密封所述容器，使各室处于负压或常压状态的工序；使上下两室在负压或常压下加热至预定温度，使所述金属熔融的工序；仅使所述上室处于加压状态的工序；和通过所述多孔质过滤器把所述加压下的上室的熔融金属向下室浸透，与负压或常压下的所述多孔烧结体迅速接触后，使下室处于加压状态，在加压下的所述多孔烧结体中浸渍所述熔融金属的工序；在所述冷却工序中，也可以在所述加压状态下冷却浸渍所述下室的所述熔融金属的所述多孔烧结体。

10 这种情况下，由于通过使用多孔质过滤器，能够分别独立地压力控制配置所述金属的上室和配置所述多孔烧结体的下室，所以能够使用预定的压力控制机构迅速地减压、加压。

对于所述下室的所述多孔烧结体来说，在浸渍所述熔融金属后，能够保持负压或常压状态，进行去气。再有，能够通过多孔质过滤器，利用压力控制，15 简单地进行所述熔融金属与所述多孔烧结体的接触、浸渍操作。此外，由于此时设定有预定的压力差，所以能够对所述熔融金属进行迅速地过滤处理。

其中，对于多孔质过滤器来说，如果熔融金属为常压下不浸透，而在加压下有浸透的多孔质的金属，那么就限定于特殊的材料，能够使用适当的碳布、不锈钢系的穿孔金属或铝布等。

20 此外，作为所述浸渍工序，也可以包括：把所述多孔烧结体和所述金属分别配置在利用多孔质过滤器在分隔为两室的同一容器的上下室中，密封所述容器，使各室处于负压或常压状态的工序；使上下两室在负压或常压下加热至预定温度，使所述金属熔融的工序；使所述上下两室处于加压状态的工序；使所述加压下的上室压力高于下室压力，通过所述多孔质过滤器使熔融金属向下室25 浸透，在与所述多孔烧结体迅速地接触后，在加压下的所述多孔烧结体中浸渍所述熔融金属的工序；在所述冷却工序中，也可以在所述加压状态下冷却浸渍所述下室的所述熔融金属的所述多孔烧结体。

这种情况下，随着所述熔融金属，对于所述多孔烧结体也处于加压状态下后，通过进行接触、浸渍操作，能够使两者接触时的压力降低最小，能够良好30 地保持浸渍操作时的加压状态。

在本发明中，在作为基本材料的多孔烧结体上对至少包含铜的金属进行浸渍处理时，在通过从上下两方的冲压处理进行加压状态工序的同时，还能够通过从下室周边的间接冷却处理进行冷却工序。

按照本发明的制造方法，在能够更迅速地进行压力控制的同时，还能够良好地保持浸渍操作时的加压状态。

此外，本发明的制造方法包括：浸渍工序，使作为基本材料的多孔烧结体和至少包含铜的金属在负压或常压下接触，经过加热处理熔融所述金属，然后在加压状态下，迅速地在所述多孔烧结体中浸渍所述金属；和冷却工序，冷却至少浸渍所述金属的所述多孔烧结体。

因此，能够容易地进行一般来说较为困难的向多孔烧结体的铜或铜合金浸渍处理，而且，能够提高向多孔烧结体的铜或铜合金浸渍率，其结果，在实际的电子部件（包括半导体器件）等中，能够提高获得具有适合寻求热膨胀率与热传导率平衡特性的散热器装置的生产率。

作为所述浸渍工序，也可以包括：在互相接触的状态下使所述多孔烧结体和所述金属处于负压或常压状态的工序；把所述多孔烧结体和所述金属在负压或常压下加热至预定温度，熔融所述金属的工序；使所述熔融金属处于加压状态的工序；使所述加压下的熔融金属与所述负压或常压下的多孔烧结体迅速接触，并且在加压状态时在加压下的所述多孔烧结体中浸渍所述熔融金属的工序；在所述冷却工序中，也可以在所述加压下冷却浸渍所述熔融金属的所述多孔烧结体。

这样，按照本发明的制造方法，能够以低于由多孔烧结体与在该多孔烧结体中浸渍的铜或铜合金的比例决定的热膨胀量（理论值）来抑制膨胀，能够得到与陶瓷基片和半导体基片（硅、GaAs）等的热膨胀率大致一致的、热导性良好的散热器材料。

图 1 是表示用本发明实施例的复合材料构成的散热器装置应用例的说明图。

图 2 是示意性地表示本发明实施例的复合材料结构的透视图。

图 3 是表示适当改变 SiC 的气孔率、气孔直径、气孔分布时的热传导率与热膨胀率的差异的示意图。

图 4 是表示各种复合材料的热传导率-热膨胀率特性的特性图。

图 5A 是表示从高压容器的正面剖切一部分的剖视图，图 5B 是表示从高压容器的侧面剖切一部分的剖视图。

图 6 是表示本发明实施例的制造方法的工序框图。

图 7 是表示适当改变 SiC 的气孔率、气孔直径、有无电镀 Ni、有无浸渍 Si、浸渍温度、附加压力、加压时间、冷却速度时的热传导率与热膨胀率不同的示意图。

图 8 是表示第一变形例的浸渍工序的工序框图。

图 9 是表示第二变形例的浸渍工序的工序框图。

图 10 是表示在本发明第二实施例的制造方法中使用的热压炉的示意结构图。

图 11 是表示本发明第二实施例的制造方法的工序框图。

图 12A 是表示分隔型的封装部件的平面图；图 12B 是表示图 12A 中 A-A 线上的剖视图。

图 13 是表示在本发明第二实施例的制造方法中使用的热压炉的其它实例的示意结构图。

图 14 是表示在本发明第二实施例的制造方法的变形例中使用的热压炉的示意结构图。

图 15 是表示本发明第二实施例的制造方法的变形例的工序框图。

图 16 是表示在本发明第三实施例的制造方法中使用的热压炉的示意结构图。

图 17 是表示本发明第三实施例的制造方法的工序框图。

下面，参照图 1 ~ 图 17，说明本发明的用于半导体散热器的复合材料及其制造方法的实施例（以下，简单地记述为该实施例的复合材料及该实施例的制造方法）。

首先，如图 1 所示，在形成于半导体器件 12 的封装 14 上面的开口 16 内埋入用本实施例的复合材料构成的散热器 10，并且，设置该散热器 10，使其表面与固定在所述半导体器件 12 上部的冷却散热片 18 接触。

因此，从在半导体器件 12 内安装的半导体元件（芯片）中放出的热通过散热器 10 高效率地传送到冷却散热片 18 上。

而且，本实施例的复合材料这样构成，即预先烧制具有比铜的热膨胀率低

的热膨胀率的多孔体，经过网状化，然后在得到的多孔烧结体上浸渍铜或铜合金。具体地说，如图 2 所示，在例如 SiC 构成的多孔烧结体 20 的放气孔部分上（开孔部分）浸渍铜或铜合金 22 来构成。在以下的说明中，把 SiC 构成的多孔烧结体简单地记述为 SiC。

5 按照该结构，如后面所述，能够抑制膨胀，使其低于由多孔烧结体与在该多孔烧结体中浸渍的铜或铜合金的比例决定的热膨胀（理论值）值，能够得到与作为电子部件等基体的陶瓷基片和半导体基片（硅、GaAs）等的热膨胀率大致一致的、热膨胀性良好的散热器材料。具体地说，能够得到从室温至 200℃ 的平均热膨胀率为  $4.0 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C} \sim 9.0 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ ，并且热传导率为 180W/mK  
10 （室温）以上的散热器材料。

这种情况下，作为 SiC 的气孔率（与铜或铜合金 22 的浸渍率大致相同），期望为 20vol%~70vol%。在气孔率为 20vol%以下时，不能获得 180W/mK（室温）的热传导率，而如果超过 70vol%，SiC 的强度下降，不能把热膨胀率抑制在  $9.0 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$  以下。

15 此外，作为所述 SiC 的平均放气孔直径（气孔直径）的值，期望在  $0.5 \sim 50\mu\text{m}$ 。如果所述气孔直径不足  $5\mu\text{m}$ ，会使在放气孔内浸渍铜或铜合金变得困难，热传导率降低。另一方面，如果所述气孔直径超过  $50\mu\text{m}$ ，会使 SiC 的强度下降，不能抑制热膨胀率变低。

此外，作为所述 SiC 的平均放气孔的分布（气孔分布），有 90%以上  $0.5 \sim 50\mu\text{m}$  的放气孔分布较好。在  $0.5 \sim 50\mu\text{m}$  的气孔未达到 90%以上分布的情况下，会增加未浸渍铜或铜合金 22 的放气孔，使热传导率降低。

在所述气孔率、气孔直径和气孔分布的测定中，使用岛津制作所制造的自动孔率仪（商品名：オートポア 9200）。

再有，作为 SiC 的弯曲强度，应在 10MPa 以上，期望在 20MPa 以上，最好  
25 在 30 MPa 以上。如果弯曲强度低于 10MPa，就会有所谓的增加热膨胀率的问题。

一般来说，作为所述铜，在使用市场销售的纯铜的情况下，热传导率虽较高，但由于与多孔烧结体（特别是 SiC）的浸润性较差，容易残留未浸渍铜的放气孔，所以期望通过添加 Be、Al、Si、Mg、Ti、Ni 等来提高浸渍率。这种情况下，铜的成分在 1%的范围内，在 Be、Al、Si、Mg、Ti、Ni 中包含一种以上，并且，也可以包含 Ag、Cd、Zn、Au、Pd、In、Ga、Pt、  
30



Cr、Ge、Rh、Sb、Ir、Co、As、Zr、Fe、Sn、Mn、P、Pb 等的不可避免的杂质、气体成分。但是，如果所述添加物的量达到 1%以上，那么热膨胀率的降低就变大，不能获得添加的效果。

其中，表示了一个实验例。该实验例是适当改变 SiC 的气孔率、气孔直径、气孔分布，观察此时的热传导率与热膨胀率不同的实验。其实验结果如图 3 的表所示。

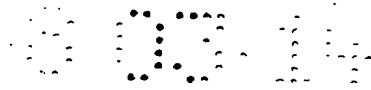
在图 3 中，实施例 1~实施例 8 表示浸渍材料为铜，气孔率、气孔直径和气孔分布分别在预定范围内变化的情况；实施例 9 表示作为浸渍材料有 0.5wt% 的 Be 其余为 Cu 的铜合金，气孔率、气孔直径和气孔分布分别在预定范围内变化的情况。比较例 1 表示浸渍材料为铜，使气孔率超出所述预定范围的情况；比较例 2 表示浸渍材料为铜，使气孔率和气孔分布分别超出所述预定范围的情况；比较例 3 表示浸渍材料为铜，使气孔直径和气孔分布分别超出所述预定范围的情况。

从该实验结果看，实施例 1~实施例 9 均满足热传导率=180W/mK（室温）以上，满足热膨胀率= $4.0 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C} \sim 9.0 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 。再有，热膨胀率是室温~200℃的平均值。

另一方面，比较例 1 表示由于气孔率低于所述预定范围的值，所以铜的浸渍率变低，由此热传导率也随着变得低于 165W/mK。此外，比较例 2 表示由于气孔率超过所述预定范围的值，所以铜的浸渍率变高，热传导率也变高为 325 W/mK，但 SiC 的强度处于其较低部分，热膨胀率变高为  $12.4 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 。

横轴表示热传导率，纵轴表示热膨胀率，如果以曲线表示实施例 1~实施例 8 的结果，那么把在 SiC 上浸渍铜的情况下的特性设想为图 4 曲线 a 所示的特性。在图 4 中，曲线 b 表示以 SiC 和铝形成粉末情况的理论值；曲线 c 表示以 SiC 和铜形成粉末情况的理论值；曲线 d 表示在 SiC 上浸渍铝情况的实测值。

此外，在图 4 中用点划线的椭圆表示的区域 A 表示使用现有散热器材料 Cu-W 的特性区域，所述实施例 6~8，如图 3 所示，可以看出具有比所述 Cu-W 特性还良好的特性。这是因为实施例 6~8 其中任何一个的热膨胀率范围与 Cu-W 基本相同，而热传导率的范围大于 Cu-W，进入了作为散热器材料最佳特性范围 B 的缘故（用虚线的长方形表示的范围）。因此，通过最佳化 SiC 的气孔率、气孔直径和气孔分布，能够把复合材料的特性集中在作为散热器材料的



最佳特性范围内。

下面，参照图 5～图 15，说明第一和第二实施例的制造方法。第一和第二实施例的制造方法由大致分为的浸渍工序和冷却工序构成。浸渍工序是按相互不接触状态加热作为基本材料 SiC 和铜或铜合金，在达到预定温度的阶段使两者接触，并立即附加高压，把所述铜或铜合金浸渍在所述 SiC 中的工序；冷却工序是冷却浸渍所述铜或铜合金的所述 SiC 的工序。

首先，第一实施例的制造方法，具体地说，如图 5A 和图 5B 所示的一例那样，通过使用高压容器 30 来进行。该高压容器 30 在长方体状框体 32 上两侧板 34 和 36 的大致中央部分设有各自的旋转轴 38，以该旋转轴 38 为中心，框体 32 本身能够旋转。

在框体 32 内，设有耐火容器 40 和用于加热耐火容器 40 的热丝 42。耐火容器 40 有带有空心部分 44 的长方体形状，在一个侧面高度方向的中央部分的空心部分 44 上设有连通的开口 46。在空心部分 44 内，在以开口 46 为中心的一个空心部分（以下记述为第一室 44a）中，装有作为浸渍材料的铜或铜合金 22 的块，或铜或铜合金 22 的熔融金属。在另一个空心部分（以下记述为第二室 44b）中，装有许多作为被浸渍材料的 SiC20，即使第二室 44b 处于上方位置，但仍设有使 SiC20 不落下的 SiC20 的支撑机构。再有，热丝 42 具有即使在 100kgf/cm<sup>2</sup>的高压力下也不破裂的结构。

此外，在所述高压容器 30 中，设有用于抽真空的排气管 48，用于附加高压及冷却气体的导入管 50 和导出管 52。

下面，参照图 6 说明使用所述高压容器 30 的浸渍工序和冷却工序。浸渍工序通过采用以下工序来进行。

首先，使高压容器 30 处于初始状态，使在高压容器 30 内设置的耐火容器 40 的第一室 44a 处于下方位置（步骤 S1）。

然后，SiC20 和铜或铜合金 22 的块放入高压容器 30 的耐火容器 40 内，把铜或铜合金 22 的块配置在耐火容器 40 的第一室 44a 内，把 SiC20 设置在第二室 44b 内（步骤 S2）。随后，密封高压容器 30 后（及耐火容器 40），通过排气管 48 进行高压容器 30 内的抽真空，使该高压容器 30 内处于负压状态（步骤 S3）。

接着，使热丝通电，加热熔解第一室 44a 的铜或铜合金 22（步骤 S4）。

在以下的说明中，把加热熔解的铜或铜合金 22 记述为 ‘熔融铜’。

然后，在第一室 44a 内的熔融铜达到预定温度阶段，180 度地旋转高压容器 30（步骤 S5）。利用该旋转动作，通过使第一室 44a 处于上方位置，第一室 44a 内的熔融铜因自重向位于下方位置的第二室 44b 内落下，在该阶段，变为在熔融铜上浸渍 SiC20 的状态。

随后，通过气体导入管 50 向高压容器 30 内导入浸渍气体，使该高压容器 30 内加压（步骤 S6）。利用该加压处理，使所述熔融铜浸渍在 SiC20 的放气孔部分中。

在所述浸渍工序结束时刻立即移至冷却工序。该冷却工序首先把所述高压容器 30 再次 180 度旋转（步骤 S7）。利用该旋转动作，由于使第一室 44a 处于下方位置，所以第二室 44b 内的熔融铜再次向第一室 44a 落下。通过在所述步骤 S6 中的加压处理（浸渍处理），由于熔融铜的一部分浸渍在 SiC20 的放气孔中，所以向位于下方位置的第一室 44a 落下的熔融铜变为浸渍在 SiC20 中的残存熔融铜。在残存熔融铜向第一室 44a 落下的阶段，在第二室 44b 中残留浸渍熔融铜的 SiC20。

然后，在通过气体导出管 52 对高压容器 30 内的浸渍气体排气的同时，通过气体导入管 50 把冷却气体向高压容器 30 内导入（步骤 S8）。通过该浸渍气体的排气和冷却气体的导入，使冷却气体遍布循环在高压容器 30 内，高压容器 30 被迅速地冷却。利用此迅速地冷却，在所述 SiC20 中浸渍的熔融铜由于铜或铜合金 22 的块急速固化而体积膨胀，所以浸渍的铜或铜合金 22 坚固地保持在 SiC20 中。

作为其它冷却工序，如图 6 中点划线的框内所示，在用所述步骤 S7 处理的结束阶段，使高压容器 30 或浸渍熔融铜的 SiC20 与冷却的金属接触（步骤 S9）。通过与该冷却的金属接触，SiC20 被急速地冷却。在该冷却过程中，也可以同时用冷水来进行冷却金属，也可以在与加热体分离的地方设置冷却金属。具体地说，提供帽口补缩效果的冷却方法较好。

这样，通过实施所述浸渍工序和冷却工序，能够容易地进行一般来说比较困难的向 SiC20 中的铜或铜合金 22 的浸渍处理，而且，能够提高向 SiC20 中的铜或铜合金 22 的浸渍率，在实际的电子部件（包括半导体器件）等中能够获得提高具有适合寻求热膨胀率与热传导率平衡特性，即能够提高具有从室温至

200℃的平均热膨胀率为  $4.0 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C} \sim 9.0 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ ，并且热传导率为 180W/mK（室温）以上的散热器 10 的生产率。

在所述步骤 S4 中，在热丝 42 通电，加热熔解第一室 44a 的铜或铜合金 22 的情况下，向步骤 S5 移动的预定温度（加热温度）比铜或铜合金 22 的熔点高 30℃~250℃的温度较好，期望比所述熔点高 50℃~200℃。这种情况下，期望使高压容器 30 处于  $1 \times 10^{-3}$  Torr 以下的真空中较好。

此外，在所述步骤 S6 中，通过在高压容器 30 内导入浸渍气体而在高压容器 30 中附加的压力，在 10kgf/cm<sup>2</sup> 以上 1000 kgf/cm<sup>2</sup> 以下。这种情况下，在 50kgf/cm<sup>2</sup> 以上 200 kgf/cm<sup>2</sup> 以下较好，最好在 100kgf/cm<sup>2</sup> 以上 150 kgf/cm<sup>2</sup> 以下。

此外，向高压容器 30 附加压力的时间在 1 分钟以上 30 分钟以下较好，期望最好在 2 分钟以上 10 分钟以下。

再有，作为 SiC20 的气孔，平均直径为 0.5μm~50μm 的气孔在 90%以上，并且期望气孔率为 20vol%~70 vol%。

而且，为了实现 SiC20 与铜或铜合金 22 的浸润性的提高，可以对 SiC20 预先进行 1~10 vol%的、期望是 3~5 vol%的电镀 Ni。这种情况下，能够实现低压力下的浸渍。这里所说的电镀 Ni，包含例如电镀 Ni-P 和电镀 Ni-B。

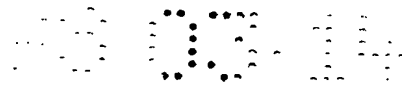
再有，为了实现 SiC20 与铜或铜合金 22 浸润性的提高，可以对 SiC20 预先进行 1~10 vol%的、期望是 3~5 vol%的电镀 Si。这种情况下，能够实现低压力下的浸渍。

而且，预先对上述 SiC20 进行 1~10 vol%的电镀 Ni。或者，预先浸渍 1~10 vol%的 Si，也可以对 SiC20 预先进行电镀钼。这种情况下，也可以在所述电镀钼上附加 Ni 和 Si 的复合电镀。

另一方面，在从浸渍时的温度至 800℃期间，在所述冷却工序中的冷却速度为 -400℃/小时以上较好，-800℃/小时以上就更好。

在所述步骤 S6 中，在高压容器 30 中附加的压力是在 SiC20 的放气孔部分中使铜或铜合金 22 完全浸渍所必要的压力。这种情况下，如果在 SiC20 中残存有未浸渍铜或铜合金 22 的放气孔，由于显著地损害热传导性，所以附加高压就变得必要了。

该压力虽可以按 Washburn 公式推定其大概，但气孔直径越小就越需要更



大的力。例如，在  $0.1\mu\text{m}\phi$  时需要  $400\text{kgf}/\text{cm}^2$  的压力，而在  $1.0\mu\text{m}\phi$  时就需要  $40\text{kgf}/\text{cm}^2$  的压力，在  $10\mu\text{m}\phi$  时就需要  $4\text{kgf}/\text{cm}^2$  的压力。

此外，在 SiC20 与铜或铜合金 22 处于高温时发生反应，该 SiC20 被分解为 Si 和 C，不能发挥原来的功能。为此，就必须缩短 SiC20 与铜或铜合金 22 熔融状态下的直接接触时间。由于满足第一处理条件（在高压容器 30 中附加压力 =  $10\text{kgf}/\text{cm}^2$  以上， $1000\text{kgf}/\text{cm}^2$  以下）、第二处理条件（加热温度 = 比铜或铜合金 22 的熔点高  $30^\circ\text{C} \sim 250^\circ\text{C}$  的温度）和第三处理条件（在 SiC20 上按 1~10vol% 预先电镀 Ni），能够缩短 SiC20 与铜或铜合金 22 的接触时间，所以能够在事先避免所述的 SiC20 的分解反应。

此外，由于 SiC20 与铜或铜合金 22 的浸润性较差，所以必须施加高压使铜或铜合金 22 充分地浸渍。由于实施第三处理条件（在 SiC20 上按 1~10vol% 预先电镀 Ni）或第四处理条件（在 SiC20 上按 1~10vol% 预先电镀 Si），改善了 SiC20 的气孔表面，使 SiC20 与铜或铜合金 22 的浸润性变得良好，所以在较低压力下，在较细的气孔中能够浸渍铜或铜合金 22。

这里，表示了一个实验例。该实验例是适当改变 SiC20 的气孔率、气孔直径、有无电镀 Ni、有无浸渍 Si、浸渍温度、附加压力、加压时间、冷却速度，观察此时的热传导率与热膨胀率不同的实验。图 7 所示的表中表示了该实验结果。在图 7 中，SiC/Cu 的反应状况由在 SiC 与 Cu 之间形成的反应层的厚度（平均值）来决定。其决定条件如下。此外，该决定条件的依据是如果在 SiC 与 Cu 之间生成  $5\mu\text{m}$  以上的反应层，那么 SiC 与 Cu 间的热传导就恶化，作为用于半导体散热器的复合材料情况的热传导就降低。

- 反应层的厚度（平均）为  $1\mu\text{m}$  以下 → ‘无反应’
- 反应层的厚度（平均）超过  $1\mu\text{m}$  但在  $5\mu\text{m}$  以下 → ‘反应小’
- 反应层的厚度（平均）超过  $5\mu\text{m}$  → ‘反应大’

根据该实验结果，对于满足 SiC20 的气孔率、气孔直径、浸渍温度、附加压力、加压时间、冷却速度的各自预定范围的实验来说（样品 3、7、8、11 和 12），任何一个的 SiC/Cu 的反应状况都为 ‘无反应’，并且 Cu 的浸渍状况良好，获得了良好的效果。

在这些样品中，对于样品 3、7、11 和 12，由于进行了电镀 Ni 或浸渍 Si，所以与 Cu 的浸润性变得良好，即使缩短加压时间，也能获得上述那样的

良好效果。此外，对于样品 8，虽未进行电镀 Ni 或浸渍 Si，但通过使附加压力提高，也能够缩短加压时间，获得上述那样的良好效果。

另一方面，对于作为在附加压力为  $8\text{kgf/cm}^2$  低于所述预定范围的样品 1、5 和 9，无论哪一个，Cu 的浸渍状况都不充分，在这些样品中，对于加压时间长的实验（样品 1 和 5），SiC/Cu 的反应状况为‘反应大’。

再有，对于样品 6，尽管 SiC/Cu 的反应状况为‘反应小’，但浸渍状况不充分，可认定气孔率和气孔直径均未满足各自预定范围；对于样品 14，尽管浸渍状况良好，但 SiC/Cu 的反应状况为‘反应大’，可认定气孔直径大于预定范围，加压时间比较长。

再有，作为与铜或铜合金 22 的浸润性良好的浸渍 Si 的 SiC（Si-SiC 烧结体），能够使用例如以含有 2~25wt% 的 Si 和 75~98wt% 的 SiC 为主相的 Si-SiC 烧结体。在获得该 Si-SiC 烧结体中，对于主相 100 重量部分，在把 Al 杂质控制在 0.2 重量部分以下，把 SiO<sub>2</sub> 控制在 3.0 重量部分以下的同时，相对主相 100 重量部分，把所有杂质的量控制在 0.4~4.2 重量部分内较好。

具体地说，如果简单地说明所述 Si-SiC 烧结体的制作方法，首先，作为成形原料，使用 SiC 粉末、碳粉末和含有有机粘合剂和水分或有机溶剂的原料。

而且，混炼所述成形材料，按预定的形状成形，制作成形体。接着，把该成形体放置在硅金属气氛下、减压的惰性气体气氛或真空中，在成形体中浸渍硅金属，制造 Si-SiC 烧结体。

作为所述成形方法，可采用冲压成形、浇注成形、挤压成形的其中任何一种，从生产率的观点看，冲压成形较好。作为加压方式，油压冲压较好，这种情况下的油压冲压压力一般为  $50\sim 2000\text{kg/cm}^2$ 。

下面，参照图 8 和图 9，说明第一实施例的制造方法中浸渍工序的几个变形例。

第一变形例的浸渍工序，如图 8 所示，首先，使高压容器 30 处于初始状态，使在高压容器 30 内设置的耐火容器 40 的第一室 44a 位于下方位置（步骤 S101）。

然后，把 SiC20 设置在第二室 44b 中，把预先熔融的铜或铜合金 22（熔融铜）流入第一室 44a（步骤 S102）。

随后，在第一室 44a 内的熔融铜达到预定温度的阶段，把高压容器 30 旋转 180 度（步骤 S103）。通过该旋转动作，位于下方位置的第一室 44a 内的熔融铜向第二室 44b 落下，在该阶段，变为在熔融铜上浸渍 SiC20 的状态。

随后，通过气体导入管 50 向高压容器 30 内导入浸渍气体，使该高压容器 30 内加压（步骤 S104）。利用该加压处理，使所述熔融铜浸渍在 SiC 的放气孔部分中。

下面，说明第二变形例的浸渍工序，该第二变形例的浸渍工序是在高压容器 30 内设置的耐火容器 40 的内部中央部分中，使用设置由多孔质陶瓷材料构成的隔离板（图中未示）的高压容器 30。在耐火容器 40 内，利用所述隔离板，  
10 把第一室 44a 与第二室 44b 隔离开。

作为所述隔离板，期望使用气孔率为 40%~90%、并且气孔直径为 0.5mm~3.0mm 的多孔陶瓷材料。使用气孔率为 70%~85%、并且气孔直径为 1.0mm~2.0mm 的多孔陶瓷材料更好。

而且，该第二变形例的浸渍工序，如图 9 所示，首先，使高压容器处于初始状态，使在高压容器内设置的耐火容器 40 的第一室 44a 位于下方位置，第二室 44b 处于上方位置（步骤 S201）。  
15

然后，把 SiC20 和铜或铜合金 22 的块放入高压容器 30 的耐火容器 40 中，使铜或铜合金 22 的块配置在位于上方位置的第二室 44b 内，SiC20 设定在位于下方位置的第一室 44a 中（步骤 S202）。  
20

随后，在密封高压容器 30（耐火容器 40）后，通过吸气管 48 进行高压容器 30 内的抽真空，使该高压容器 30 内处于负压状态（步骤 S203）。  
25

接着，使热丝 42 通电，加热熔解第二室 44b 的铜或铜合金 22（步骤 S204）。在所述熔融铜达到预定温度的阶段，通过气体导入管 50 向高压容器 30 内导入浸渍气体，使该高压容器 30 内加压（步骤 S205）。通过该加压处理，位于上方位置的第二室 44b 内的熔融铜穿过隔离板，浸渍在位于下方位置的第一室 44a 内的 SiC20 的放气孔部分中。

下面，参照图 10~图 15，说明第二实施例的制造方法。

本第二实施例的制造方法，具体地说如用图 10 表示的一例那样，通过使用热压炉 60 来实施。该热压炉 60 配有：在柱状框体 62 内兼作基座的下模 64；  
30 在该下模 64 上固定的上面开口的耐火容器 66；在该耐火容器 66 内从上方进退

自如的上模 68；和用于加热所述耐火容器 66 的热丝 70。再有，在该热压炉 60 中，设有用于抽真空的吸气管 72。

所述耐火容器 66 有带有空心部分 74 的柱状形状。上模 68 在其侧面设有决定该上模 68 行程的凸缘部分 76，在该凸缘部分 76 下面，装有与所述耐火容器 66 的上周面接触使耐火容器 66 处于密封状态的衬垫 78。另一方面，在下模 64 的内部，设有用于加热耐火容器 66 内部的加热流体和用于冷却耐火容器 66 内部的冷却流体的流通通路 80。

而且，第二实施例的制造方法按图 11 所示的工序实施。

首先，在耐火容器 66 的空心部分 74 内，从下按 SiC20、多孔陶瓷制造的过滤器 54、铜或铜合金 22 的块的顺序投入（步骤 S301）。作为过滤器 54，期望使用气孔率为 40%~90%并且气孔直径为 0.5mm~3.0mm 的多孔陶瓷材料，使用气孔率为 70%~85%并且气孔直径为 1.0mm~2.0mm 的多孔陶瓷材料更好。

此外，所述过滤器 54 起到隔离 SiC20 和铜或铜合金 22 的块，使两者处于非接触状态的隔离板的作用，在空心部分 74 内，可把过滤器 54 上的设置铜或铜合金 22 的块的部分定义为上室 74a，把过滤器 54 下的设置 SiC20 的部分定义为下室 74b。

接着，在密封耐火容器 66 后，通过吸气管 72 进行耐火容器 66 内的抽真空，使该耐火容器 66 的两室 74a 和 74b 内部为负压状态（步骤 S302）。

随后，使热丝 70 通电，加热溶解上室 74a 内的铜或铜合金 22（步骤 S303）。此时，也可以向所述热丝 70 通电，同时在下模 64 的通路 80 内流入加热流体，以便加热耐火容器 66 的内部。

在上室 74a 内的铜或铜合金 22 的熔解物（熔融铜）达到预定温度的阶段，使上模 68 向下方移动，对上室内按预定压力加压（步骤 S304）。此时，通过在上模 68 的凸缘部分 76 上安装的衬垫 78 与耐火容器 66 的上周面的接触和相互挤压，耐火容器 66 被密封，可有效地防止所谓的内部的熔融铜向耐火容器 66 的外部泄漏的不适。

达到预定压力的上室 74a 内的铜或铜合金 22 的熔解物（熔融铜）利用上室 74a 内的压力穿过过滤器 54 在下室 74b 侧被挤压向该下室 74b 内导入的同时，还浸渍在该下室 74b 内设置的 SiC20 上。

按照时间管理，在变为预先设定的终点的阶段（向 SiC20 内的熔融铜的浸



溃达到饱和状态的时刻)，这时，在下模 64 内的通路 80 中流入冷却流体，通过使耐火容器 66 从下方向上方冷却（步骤 S305），使在 SiC20 中浸渍的熔融铜凝固。在凝固完成前，用上模 68 和下模 64 保持耐火容器 66 内的加压状态。

在凝固完成时刻，从耐火容器 66 中取出浸渍铜或铜合金 22 的 SiC20（步骤 S306）。

在本制造方法中，使 SiC20 和铜或铜合金 22 一边充分去气一边加热，在熔融铜或铜合金 22 后，迅速地与 SiC20 接触，并且使其处于加压状态，而且由于在冷却操作完成前保持其加压状态，所以在 SiC20 中能够高效率地浸渍铜或铜合金 22。在所述例中是在负压下进行浸渍处理的，但也可以在常压下进行。

这样，在使熔融铜与 SiC20 同处于加压状态后，由于经相互接触进行浸渍处理，所以能够使两者接触时的压力下降达到最小限度，能够使浸渍处理时的加压状态良好地保持。

在所述例中，为了防止熔融铜的泄漏，在上模 68 中凸缘部分 76 的下面设有衬垫 78，但如图 10 的双点划线所示，也可以在耐火容器 66 的上周面上设置衬垫 78。此外，如图 12A 所示，也可以在如图 13 所示的上模 68 的下部设置两片重叠的环状分割型衬垫 100 的衬垫部件 102。这种情况下，在衬垫部件 102 的空心部分 104 上利用熔融铜的进入，使各分割型衬垫 100 的直径扩大，结果，上室 74a 被密封，可防止熔融铜的泄漏。

下面，参照图 14 和图 15，说明第二实施例的制造方法的变形例。再有，与图 10 对应的部分附以相同符号，并省略其重复说明。

在本变形例的制造方法中，作为热压炉 60，如图 14 所示，在耐火容器 66 中空部分 74 的高度方向中央部分上固定着多孔陶瓷构成的过滤器部件 110，在下室 74b 的侧面使用开关自由的门 112。因此，在耐火容器 66 的空心部分 74 内，由过滤器部件 110 的上部分作为上室 74a，由过滤器部件 110 的下部分作为下室 74b。具体地说，采用在下室 74b 上装有相关的门 112，在关闭该门 112 时，使下室 74b 密封的结构。

而且，本变形例的制造方法采用图 15 所示的工序来进行。

首先，在耐火容器 66 的上室 74a 内投入铜或铜合金 22 的块，打开下室 74b 的门 112，在该下室 74b 内投入 SiC20（步骤 S401）。

接着，关闭门 112 密封下室 74b，并且在密封热压炉 60 后，通过吸气管

72 进行耐火容器 66 内的抽真空，使该耐火容器 66 的两室 74a 和 74b 内部处于负压状态（步骤 S402）。

然后，使热丝 70 通电，加热熔解上室 74a 内的铜或铜合金 22（步骤 S403）。在这种情况下，也可以向所述热丝 70 通电，同时在下模 64 的通路 80 内流入加  
5 热流体，以便加热耐火容器 66 的内部。

在上室 74a 内的铜或铜合金 22 的熔解物（熔融铜）达到预定温度的阶段时，使上模 68 向下方移动，对上室 74a 内部按预定压力加压（步骤 S404）。

达到预定压力的上室 74a 内的铜或铜合金 22 的熔解物（熔融铜）利用上室 74a 内的压力穿过过滤器部件 110 在下室 74b 侧被挤压，在向该下室 74b 内  
10 导入的同时，还浸渍在在该下室 74b 内设置的 SiC20 上。

按照时间管理，在变为预先设定的终点的阶段（向 SiC20 内的熔融铜的浸渍达到饱和状态的时刻），这时，在下模 64 内的通路 80 中流入冷却流体，通过使耐火容器 66 从下方向上方冷却（步骤 S405），使在 SiC20 中浸渍的熔融铜凝固。

15 在凝固完成时刻，从耐火容器中取出浸渍铜或铜合金的 SiC（步骤 S406）。

在本变形例的制造方法中，与第二实施例的制造方法同样，在 SiC20 上能够高效率地浸渍铜或铜合金 22。此外，在这种情况下，在使熔融铜和 SiC20 同处于加压状态后，由于经相互接触进行浸渍处理，所以能够把两者接触时的压力降低限定为最小，能够在浸渍处理中良好地保持加压状态。在所述例中是  
20 在负压下进行浸渍处理的，但也可以在常压下进行。

下面，参照图 16 和图 17，说明第三实施例的制造方法。再有，与图 10 对应的部分附以相同符号，并省略其重复说明。

本第三实施例的制造方法与所述第二实施例的制造方法的原理大致相同，在浸渍工序中，但在使 SiC20 与铜或铜合金 22 在负压或常压下接触，通过  
25 加热使所述铜或铜合金 22 熔融的点上有所不同。

具体地说，如图 16 所示，在第二实施例的制造方法中使用的热压炉 60 的耐火容器 66 内未投入过滤器 54，在从下按 SiC20、铜或铜合金 22 的顺序进行投入的点上有所不同。

而且，第三实施例的制造方法采用图 17 所示的工序来进行。

30 首先，在耐火容器 66 的空心部分 74 内，从下按 SiC20、铜或铜合金 22

的顺序进行投入（步骤 S501）。

接着，在密封热压炉 60 后，通过吸气管 72 进行耐火容器 66 内部的抽真空，使耐火容器 66 的内部处于负压状态（步骤 S502）。

然后，使热丝 70 通电，加热耐火容器 66 内的铜或铜合金 22（步骤 S503）。

- 5 此时，也可以向所述热丝 70 通电，同时在下模 64 的通路 80 内流入加热流体，以便加热耐火容器 66 的内部。

在耐火容器 66 内的铜或铜合金 22 的熔解物（熔融铜）达到预定温度的阶段时，使上模 68 向下方移动，对耐火容器 66 内部按预定压力加压（步骤 S504）。

- 10 达到预定压力的铜或铜合金 22 的熔解物（熔融铜）利用耐火容器 66 内的压力浸渍在 SiC20 上。

按照时间管理，在变为预先设定的终点的阶段（向 SiC20 内的熔融铜的浸渍达到饱和状态的时刻），这时，在下模 64 内的通路 80 中流入冷却流体，通过使耐火容器 66 从下方向上方冷却（步骤 S505），使在 SiC20 中浸渍的熔融铜凝固。在凝固完成前，用上模 68 和下模 64 保持耐火容器 66 内的加压状态。

- 15 在凝固完成时刻，从耐火容器 66 中取出浸渍铜或铜合金 22 的 SiC20（步骤 S506）。

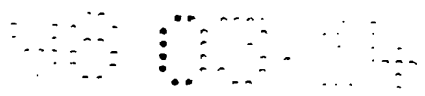
- 在本制造方法中，也使 SiC20 和铜或铜合金 22 一边充分去气一边加热，在使铜或铜合金 22 与 SiC20 处于接触状态时熔融铜或铜合金 22 后，使耐火容器 66 处于加压状态，而且由于在冷却操作完成前保持其加压状态，所以在 SiC20 20 中能够高效率地浸渍铜或铜合金 22。

在所述例中，在 SiC20 中浸渍的金属为铜或铜合金 22，但作为铜中的杂质，也可以包含 0.001wt%~0.1wt%的 Ca、Ag、Cd、Zn、Au、Pd、In、Ga、Pt、Cr、Ge、Rh、Sb、Ir、Co、As、Zr、Fe、Sn、Mn、P、Pb 等和气体成分。当然，也可以是纯铜。

- 25 此外，作为被浸渍材料的多孔烧结体，使用了 SiC20，但如果是弯曲强度为 10MPa 以上的多孔烧结体，就不一定限定于 SiC20，例如，能够使用 AlN、Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>、B<sub>4</sub>C 和 BeO。

再有，本发明的用于半导体散热器的复合材料及其制造方法并不限于上述实施例，只要不脱离本发明的要点，能够采用获得的各种结构。

- 30 如以上的说明，按照本发明的用于半导体散热器的复合材料，预先烧制具



有低于铜的热膨胀率的多孔体，在通过网状化得到的多孔烧结体上浸渍构成铜，至少在 200℃时的热膨胀率具有比从所述铜或铜合金和所述多孔烧结体的比例的化学计量中得到的热膨胀率更低的特性。

因此，能够实现所谓在实际的电子部件（包括半导体器件）等中获得具有  
5 适合寻求热膨胀率与热传导率平衡特性的效果。

此外，按照本发明的用于半导体散热器的复合材料的制造方法包括：浸渍  
工序，以相互不接触的状态加热作为基本材料的多孔烧结体和至少包含铜的金  
属，在达到预定温度的阶段使两者接触，立即附加高压，使所述金属浸渍在所  
述多孔烧结体中；和冷却工序，冷却至少浸渍所述金属的所述多孔烧结体。

10 因此，能够容易地进行一般来说比较困难的向多孔烧结体中的铜或铜合金  
的浸渍处理，而且，能够提高向多孔烧结体中的铜或铜合金的浸渍率，可实现  
所谓在实际的电子部件（包括半导体器件）等中能够获得提高具有适合寻求热  
膨胀率与热传导率平衡特性的散热器装置的生产率的效果。

此外，按照本发明的用于半导体散热器的复合材料的制造方法包括：浸渍  
15 工序，使作为基本材料的多孔烧结体和至少包含铜的金属在负压或常压下接触，  
经过加热处理熔融所述金属，然后，在加压状态下迅速地在所述多孔烧结体中  
浸渍所述金属；冷却工序，冷却至少浸渍所述金属的所述多孔烧结体。因此，  
在多孔烧结体中能够高效率地浸渍金属。

附图中符号的说明

10	散热器	20	SiC
22	铜或铜合金	30	高压容器
40	耐火容器	44a	第一室
44b	第二室		

说明书附图

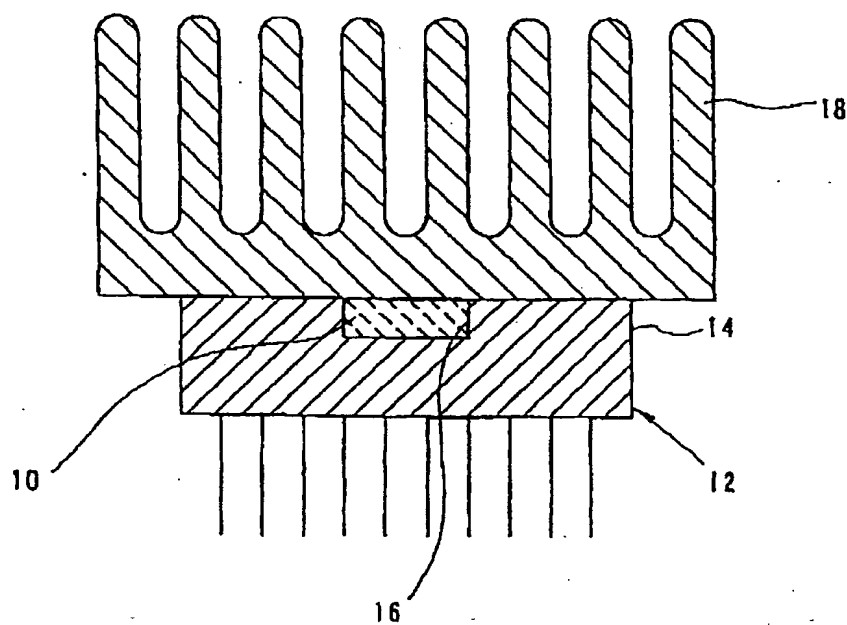


图 1

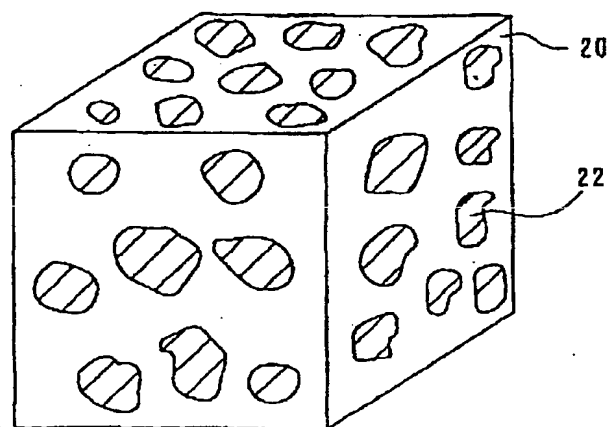


图 2

例	浸渍材料	气孔率 vol%	气孔直 径 $\mu\text{m}$	5 ~ 50 $\mu\text{m}$ 的分布	热传导 W/mK	热膨胀 $\times$ 10 <sup>-6</sup> /°C	多孔 体
实施例 1	铜	30.9	46.4	90	222	4.56	SiC
实施例 2	铜	27.5	20.2	97	212	4.19	SiC
实施例 3	铜	24.0	14.8	97	193	4.49	SiC
实施例 4	铜	39.4	38.5	92	245	5.9	SiC
实施例 5	铜	39.7	24.2	97	246	6.2	SiC
实施例 6	铜	49.1	28.0	93	268	6.8	SiC
实施例 7	铜	62	6.5	99	298	7.5	SiC
实施例 8	铜	63	37	92	299	8.8	SiC
实施例 9	铜 Be0.5wt%	30.9	10.1	99	220	4.19	SiC
比较例 1	铜	14	25	98	165	4.0	SiC
比较例 2	铜	80	40	88	325	12.4	SiC
比较例 3	铜	50	150	75	261	9.1	SiC

热膨胀率: 室温 ~ 200 °C 平均

图 3

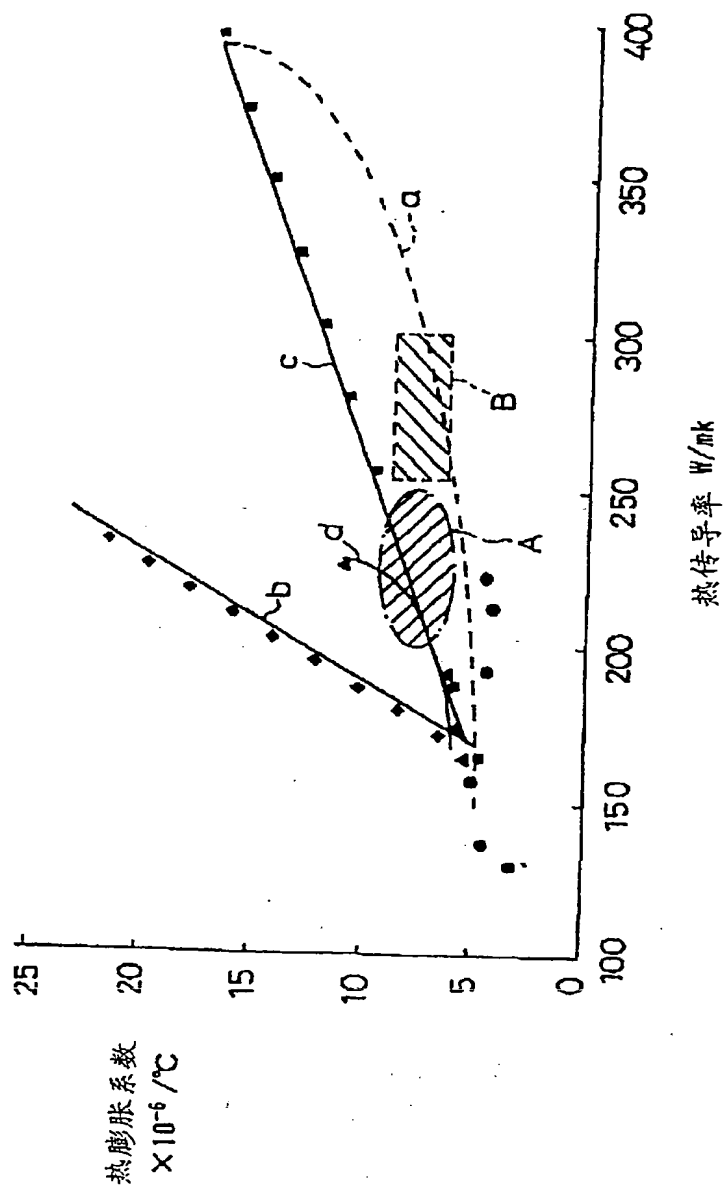


图 4

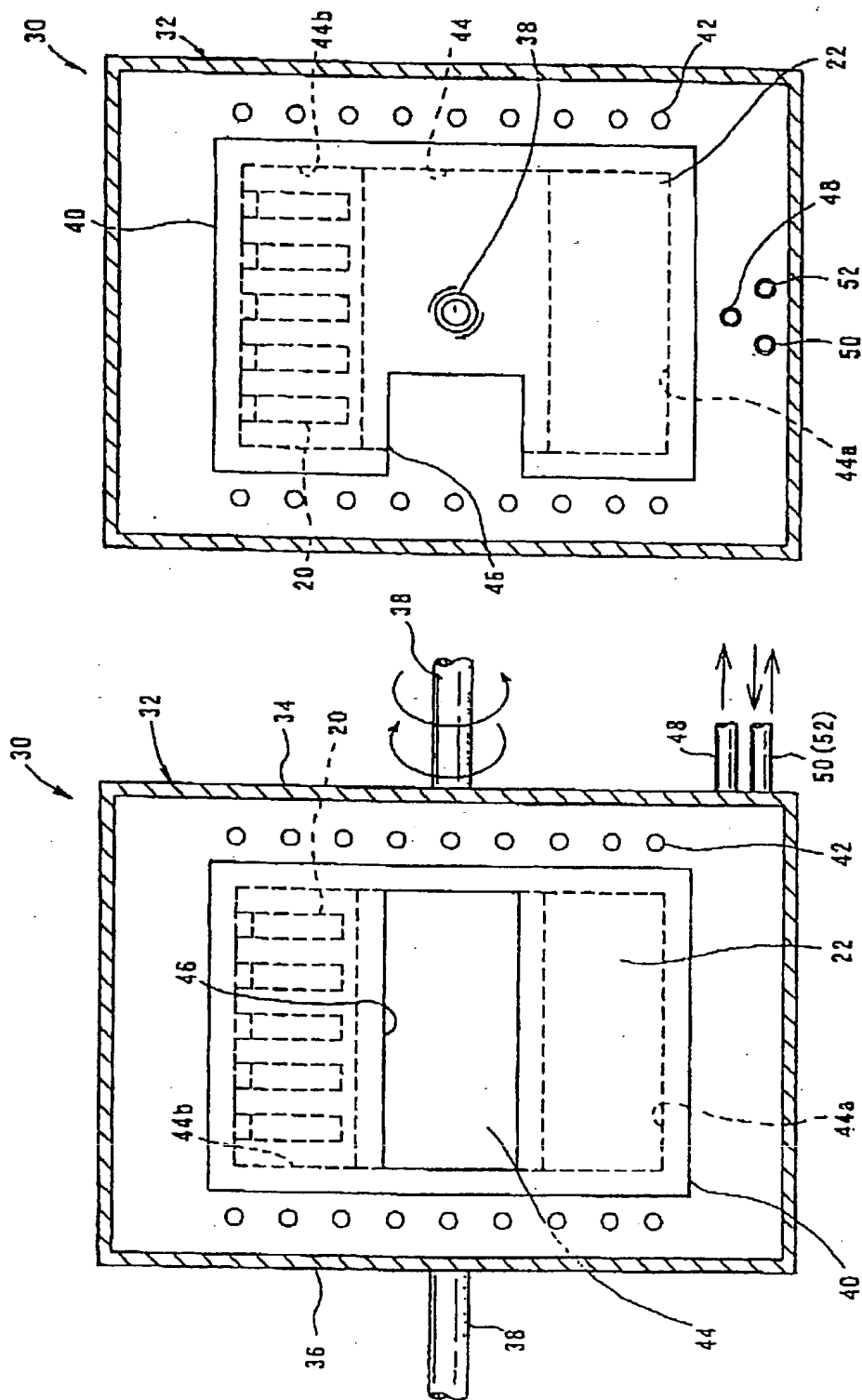


图 5B

图 5A



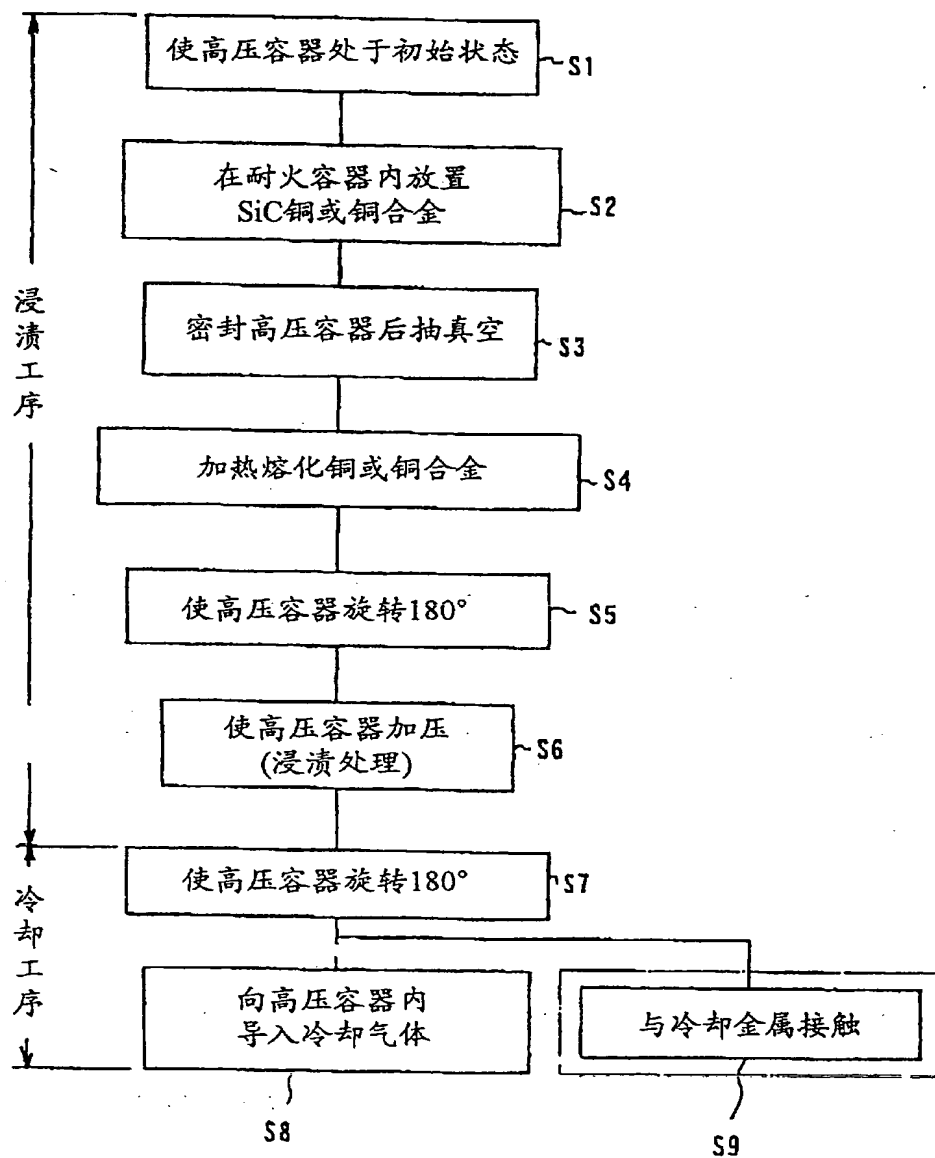


图 6

No.	气孔率%	气孔直径 $\mu\text{m}$	电镀 Ni	浸渍 Si	浸渍 温度 $^{\circ}\text{C}$	压力 $\text{kgf/cm}^2$	加压 时间 min	冷却 速度 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$	SiC/Cu 的 反应状况	浸渍 状况
样品 1	35	70	无	无	1130	8	60	260	$\Delta$	$\Delta$
样品 2	44	22	无	无	1130	80	20	900	$\bigcirc$	$\bigcirc$
样品 3	59	42	无	有	1130	120	10	480	$\bigcirc$	$\bigcirc$
样品 4	15	5	有	无	1130	240	10	900	$\bigcirc$	$\bigcirc$
样品 5	59	42	无	有	1180	8	60	900	$\Delta$	$\Delta$
样品 6	15	5	无	无	1180	40	20	480	$\bigcirc$	$\Delta$
样品 7	59	42	无	有	1180	120	10	900	$\bigcirc$	$\bigcirc$
样品 8	44	22	无	无	1180	240	10	620	$\bigcirc$	$\bigcirc$
样品 9	44	22	无	有	1230	8	20	480	$\bigcirc$	$\Delta$
样品 10	59	42	有	无	1230	40	35	790	$\bigcirc$	$\bigcirc$
样品 11	35	70	有	无	1230	80	10	620	$\bigcirc$	$\bigcirc$
样品 12	44	22	无	有	1230	240	5	620	$\bigcirc$	$\bigcirc$
样品 13	59	42	无	无	1280	40	5	790	$\bigcirc$	$\bigcirc$
样品 14	35	70	无	无	1280	80	35	480	$\Delta$	$\bigcirc$
样品 15	44	22	有	无	1280	80	5	620	$\bigcirc$	$\bigcirc$
样品 16	59	42	无	有	1280	120	10	790	$\bigcirc$	$\bigcirc$

注 SiC/Cu 的反应:  $\bigcirc$  无反应

$\bigcirc$  反应少

$\Delta$  反应大

Cu 的浸润状况:  $\bigcirc$  浸润良好

$\bigcirc$  浸润有些不充分

$\Delta$  浸润不充分

图 7

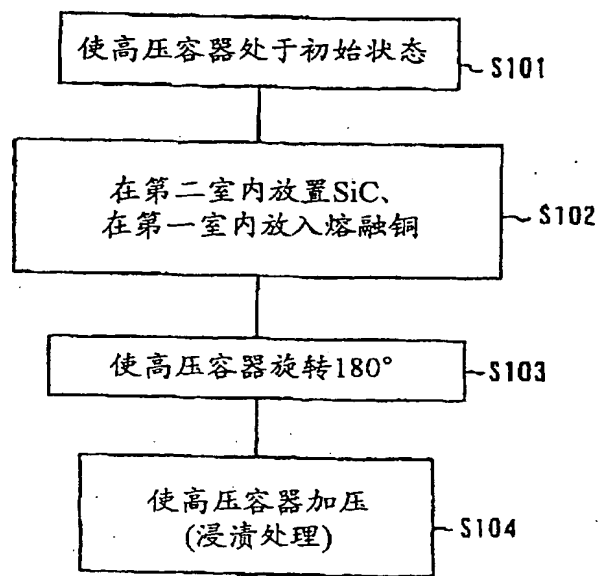


图 8

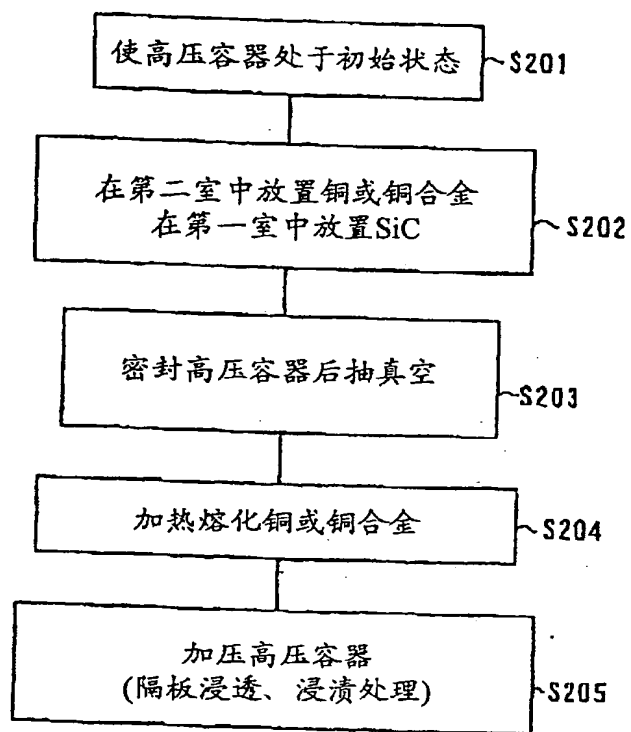


图 9

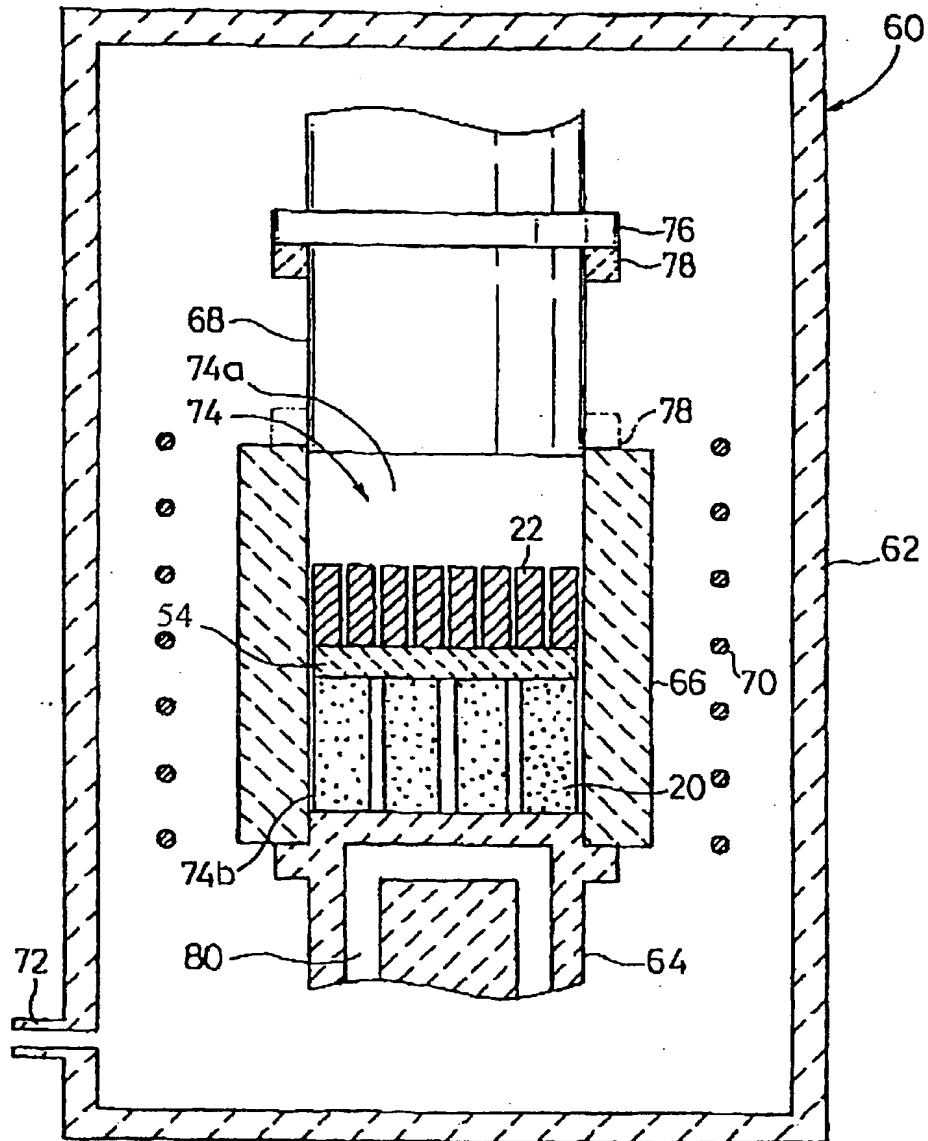


图 10

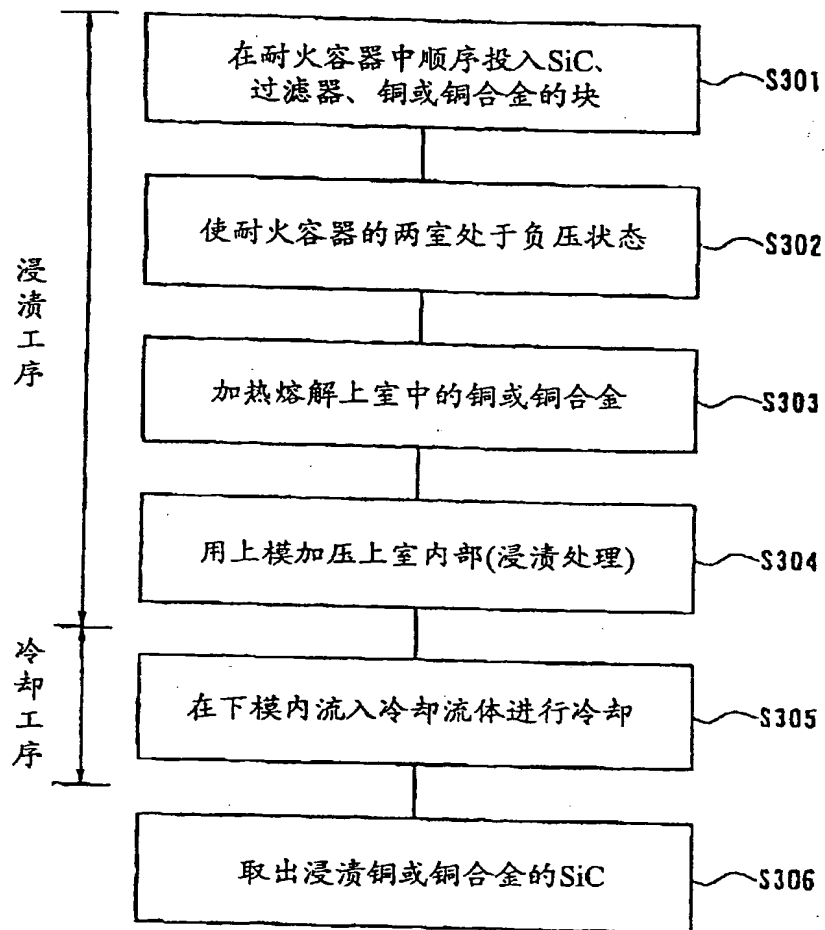


图 11

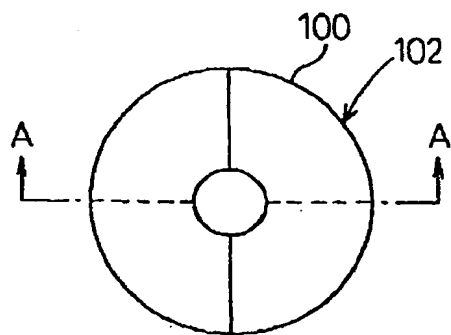


图 12A

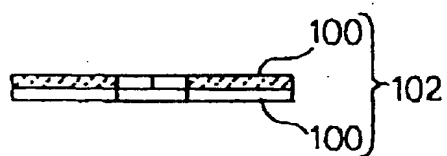


图 12B

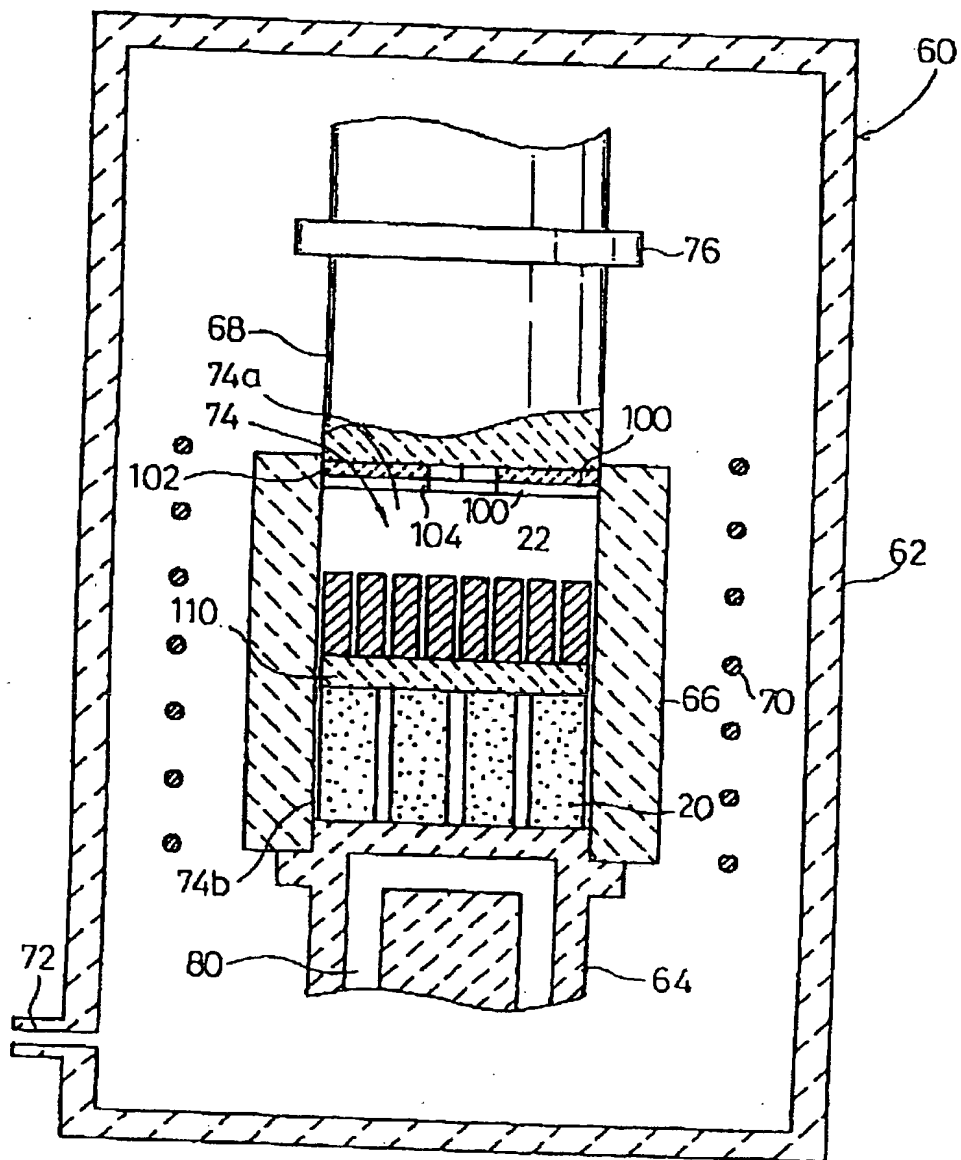
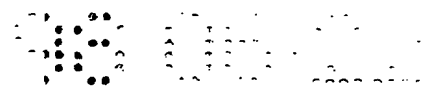


图 13



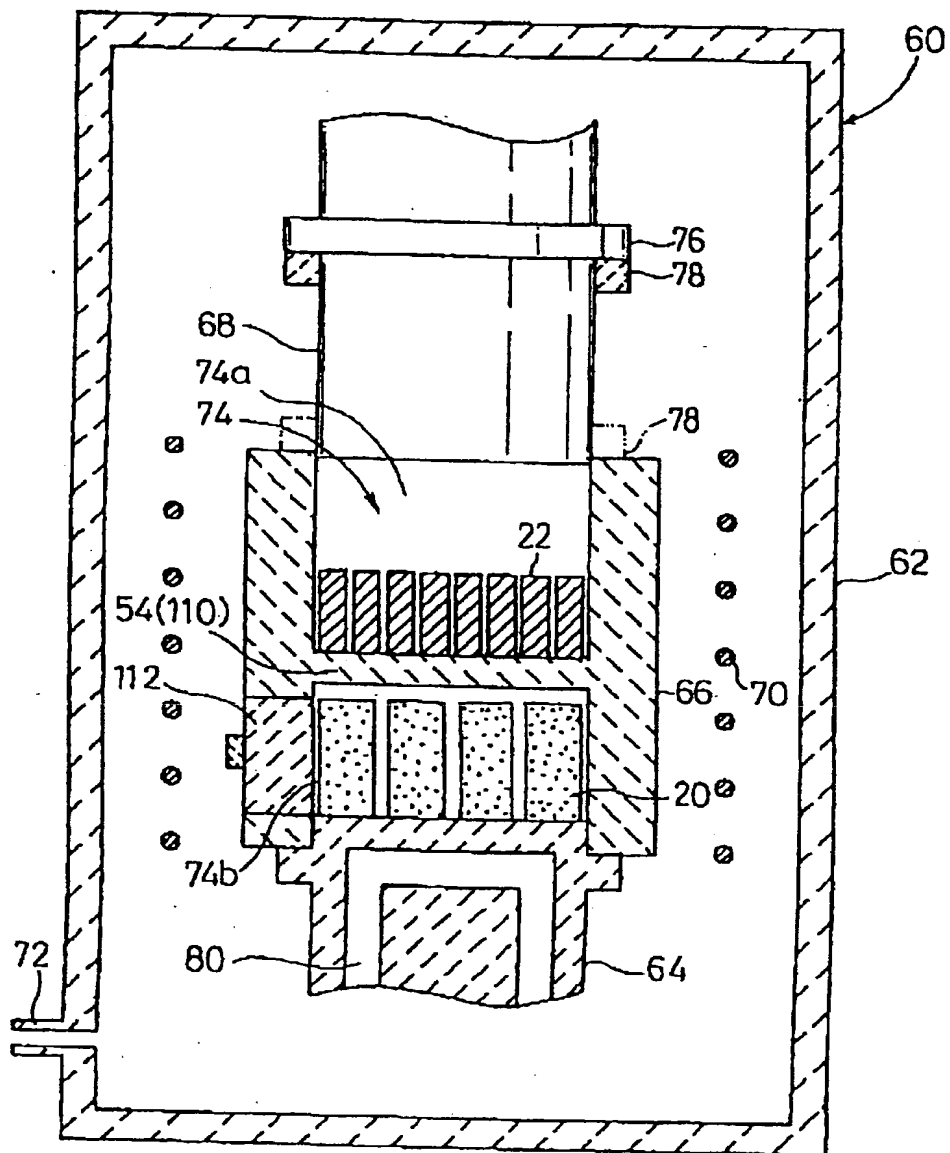


图 14

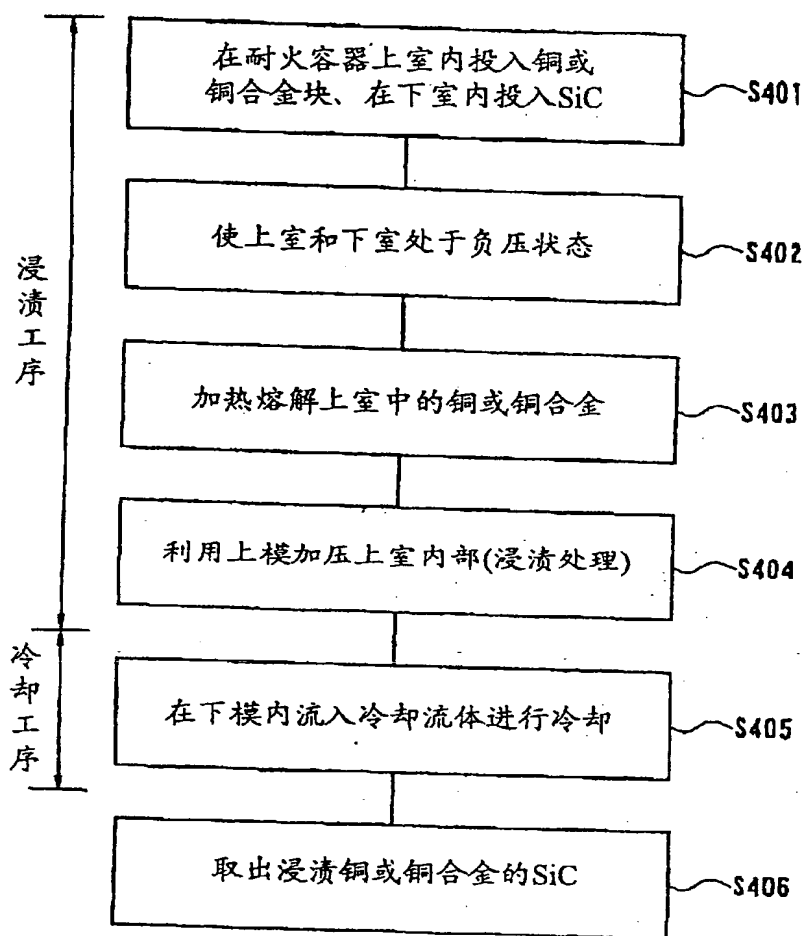


图 15

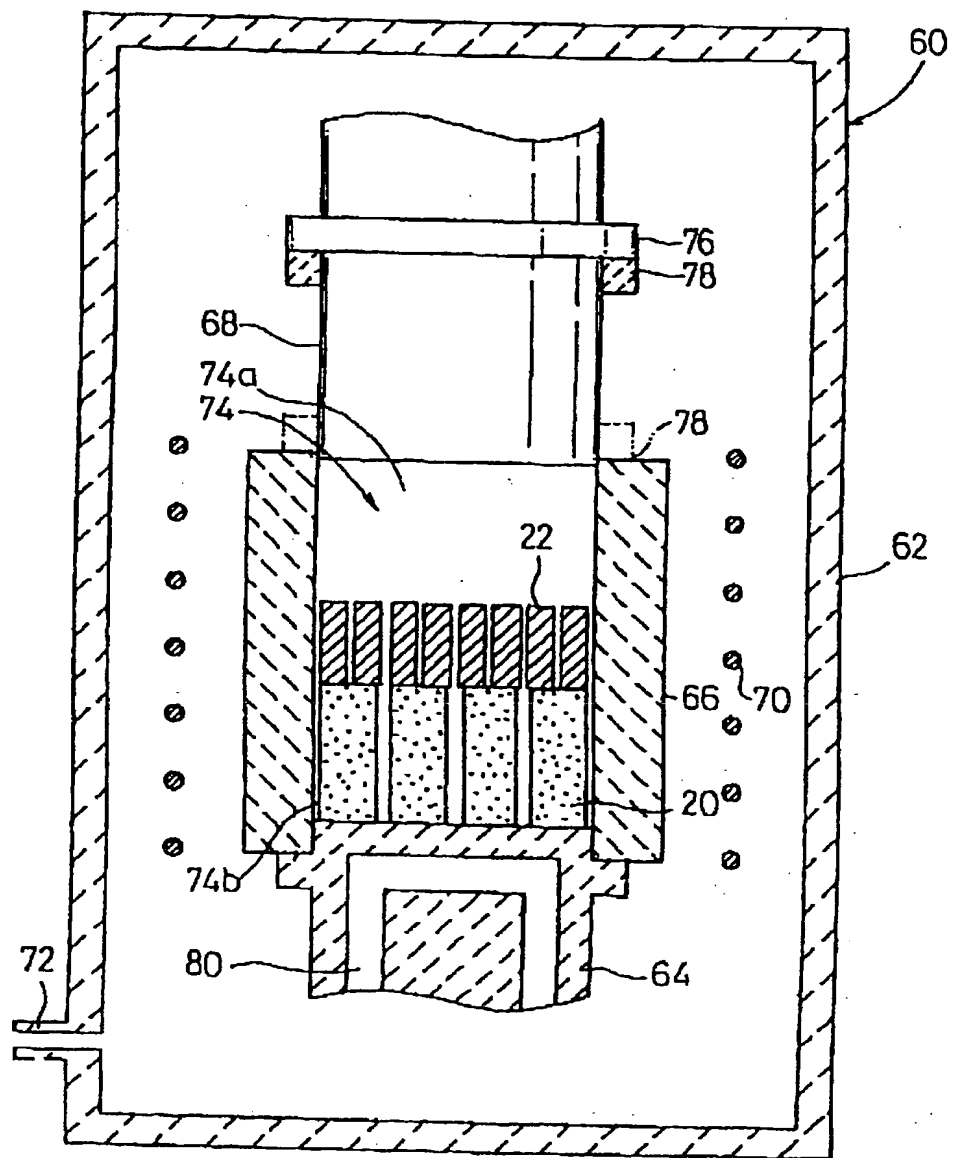


图 16

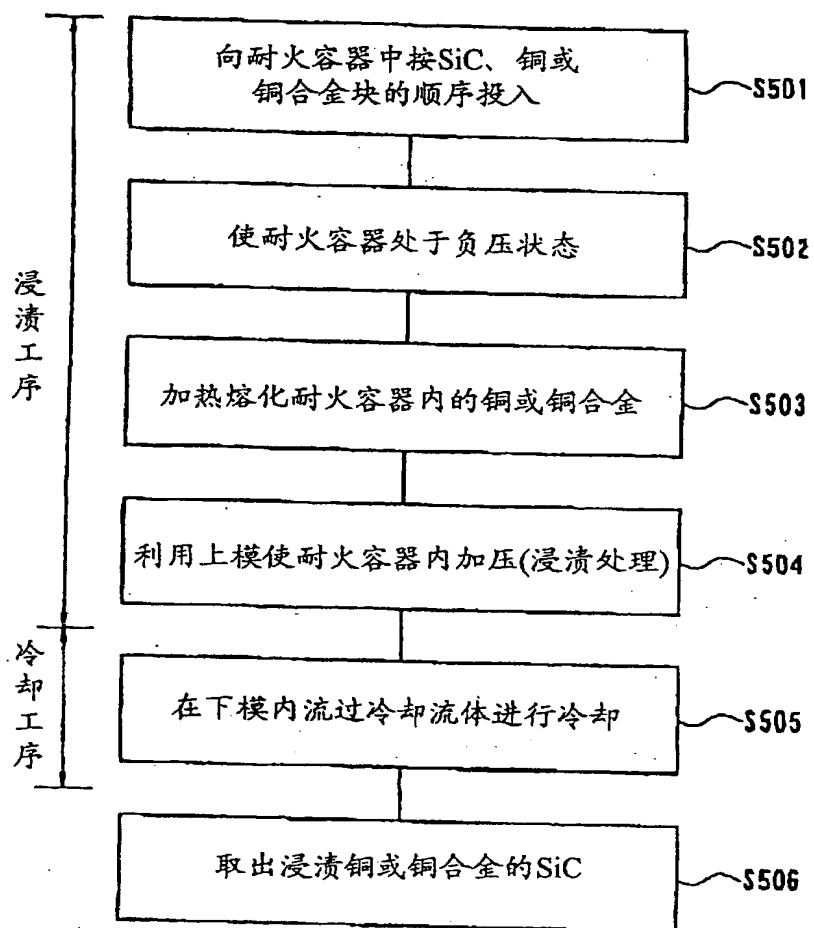


图 17